



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Construcción

TESINA

**DISEÑO DE 1.5 KM DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO
AASHTO 93, DEL TRAMO YALÍ - EL POCHOTE EN EL MUNICIPIO DE SAN
SEBASTIÁN DE YALÍ DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborada por:

Br. Elick Filemón Rayo Moncada.

Br. Freddy Ramón Pérez Peralta.

Br. Santos Cipriano Blandón Zamora.

Tutor:

Ing. José Fernando Bustamante Arteaga.

Managua, Mayo 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.013
Managua, enero 09 de 2015.

Bachilleres
SANTOS CIPRIANO BLANDON ZAMORA
FREDDY RAMON PEREZ PERALTA
ELICK FILEMON RAYO MONCADA
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema de Tesina titulado "**DISEÑO DE 1. 5 KM DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL METODO AASHTO 93, DEL TRAMO YALI – EL POCHOTE EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIAN DE YALI, DEPARTAMNETO DE JINOTEGA**". Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, de que el MSc. Ing. JOSE FERNANDO BUSTAMANTE ARTEAGA, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 10 de abril de 2015.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesina, me despido.

Atentamente,



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
COORDINACION DE NORMATIVAS DE CULMINACION DE
ESTUDIOS

HOJA DE CONCLUSION DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) Br. Elick Filem ó n Rayo M oncada. 2) Br. Freddy Ram ó n Pérez Peralta. 3) Br. Santos Cipriano Blandón Zam ora.
NOMBRE DEL CURSO: Obras Horizontales
NOMBRE DE LA TESINA: Diseño de 1.5 km de pavimento articulado por el método de la AASHTO 93, del tramo Yali – El Pochote en el municipio de San Sebastián de Yali – Departamento de Jinotega.
ESPECIFIQUE LAS AREAS QUE ABORDARON EN LA TESINA: 1) Estudio de suelo 2) Estudio de transito 3) Diseño de estructura de pavimento articulado por el método de la AASHTO 93. 4) Estudio de im pacto am biental
FECHA DE DEFENSA:
VALORACIÓN DEL TUTOR SOBRE LA TESINA:
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA: 1) 2) 3)
FIRMA COORDINADOR: _____

FIRMA DEL TUTOR -----

CC: Archivo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Nuestro Padre celestial Dios todo Poderoso, por haberme dado la vida, el don de saber expresarme y pensar a como corresponde, pues el guía mi Sabiduría y marca el camino a seguir en los senderos de la vida permitiéndome culminar mi carrera profesional.

A mi madre: Amparo Moncada Valenzuela; quien me formó con buenas costumbres, hábitos, principios y valores; forjados en roca imposible de triturar; porque desde su vientre me amó e infundió el Amor más grande a Dios, por educarme, y guiarme en el camino de la verdad, rectitud y justicia.

Br. Elick Filemón Rayo Moncada.

DEDICATORIA

A Dios: por ser el Rey de Reyes, creador del universo, por regalarme la vida, paz, salud, inteligencia, fuerzas físicas y espirituales para seguir luchando día a día y vencer todos los obstáculos que se me han presentado, para alcanzar mis sueños.

A mis queridos padres: Mario Pérez Aráuz y Sandra Peralta; por el amor e incondicional apoyo con consejos y aliento en cada momento de mi vida, que durante mi formación personal y profesional me inspiraron para seguir adelante sin temor a los retos.

Mi Esposa: Fátima Suhey Benavidez; quien me ha dado su amor, comprensión y apoyo en cada instante de mi vida desde que decidimos compartir nuestras vidas.

A mi Hija: Valery Sofía Pérez Benavidez; porque su presencia ha sido y será siempre el motivo más grande que me ha impulsado para lograr esta meta y forjar un mañana mejor.

A mis hermanos: Dania, Mario y Sandra Pérez Peralta, porque siempre estuvieron pendiente de mí, en cada momento de mi carrera hasta ver culminados mis estudios.

A mis amigos: por darme su apoyo moral en momentos difíciles de mi vida para no desfallecer y culminar con éxito mis estudios.

Br. Freddy Ramón Pérez Peralta

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Nuestro Padre Dios todo Poderoso, por haberme dado la vida, el don de saber expresarme y pensar a como corresponde, pues el guía mi Sabiduría y marca el camino a seguir en los senderos de la vida.

A mis Padres: Faustino Blandón Gómez y María Luisa Zamora; quienes me formaron con buenas costumbres, hábitos, principios y valores; forjados en roca imposible de triturar, padres que siempre se encuentran presentes ayudándome a salir adelante en los momentos alegres y en los momentos más difíciles en esta vida y especialmente en la culminación de mis estudios universitarios.

Mi Esposa: Maira Cruz; quien me ha dado su amor, comprensión y apoyo en cada instante de mi vida desde que decidimos compartir nuestras vidas.

A mi Hijo: Sadoc Nivardo Blandón Cruz; quien es mi inspiración y por quien lucho en todo momento de mi vida, para darle siempre lo mejor.

Br. Santos Cipriano Blandón Zamora

A G R A D E C I M I E N T O S

A Dios: sobre todas las cosas por darnos la paz, salud, inteligencia, fuerzas físicas y espirituales para culminar nuestros estudios y seguir adelante en nuestras vidas.

A nuestras familias. De manera especial a nuestras familias, pilar esencial en nuestro desarrollo moral y educativo.

A nuestros padres, quienes con sus consejos han sabido guiarnos para culminar nuestra carrera profesional y sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzos constantes, siendo nuestro mayor deseo que sepan que el logro de nosotros, es el logro de ellos, gracias por el apoyo recibido durante la formación profesional porque han sacrificado gran parte de su vida para formarnos y educarnos, siendo la ilusión de su vida convertirnos en personas de bien.

Gracias por esto y todo lo demás que nos han dado, nuestro triunfo es su triunfo

A nuestro tutor. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga por dedicarnos tiempo y compartir sus conocimientos para orientarnos en la realización de este trabajo.

A nuestros Maestros. Por darnos el pan de la enseñanza y transmitirnos sus conocimientos a través de su trabajo.

A todos los que nos brindaron sus importantes aportes en este proyecto.

Agradecemos también a todas aquellas personas que a lo largo de todos estos años, nos acogieron como parte de su familia, nos brindaron su ayuda incondicional y nos apoyaron en los momentos más difíciles.

“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”

Nelson Mandela

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio denominado **“Diseño de 1.5 km de pavimento articulado por el método ASSTHO 93, del tramo Yalí - El Pochote en el municipio de San Sebastián de Yalí Departamento de Jinotega.”**; presenta la información básica y los criterios necesarios para el diseño de la estructura de pavimento con adoquín aplicando el método AASHTO -93.

En este trabajo se abordaron cinco capítulos; donde cada uno está constituido por un tema específico.

Capítulo I: Este capítulo aborda las generalidades del tema; tales como: introducción, antecedentes, justificación y objetivos.

Capítulo II: Aquí se presenta la información sobre el estudio de suelo; donde se analizaron las características físico-mecánicas de los suelos para la determinación de su utilidad en la vía como base, sub-base y subrasante que soportarán las cargas a las que serán sometidas, e inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación.

Capítulo III: En este se realizó un aforo vehicular en el cual se presenta el estudio y análisis del tránsito, necesario para determinar el número ESALs. Describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento, período de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril, tránsito en el año n y número de año en el período de diseño.

Capítulo IV: Este comprende el diseño de pavimento articulado; de forma manual, en el cual se realizó el cálculo de los espesores de cada capa que conforman el pavimento. A la vez se detalla el procedimiento para seleccionar los parámetros de diseño tales como: Ejes equivalentes de diseño,

confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar y el CBR de diseño; el cual sirvió como base para determinar el módulo de resiliencia y el valor de los coeficientes estructurales.

Posteriormente se determinaron los espesores requeridos en la estructura de pavimento; para lo cual se implementó la comprobación con el programa Pavement Analysis Software Pavement Desing.

Capítulo V: En el presente estudio se identificaron los impactos ambientales positivos y negativos que traerá el adoquinado del tramo. Este proyecto tiene impactos ambientales positivos especialmente en el ámbito social, donde se esperan futuros beneficios de mayor facilidad de acceso a los servicios públicos; mejora en los servicios de transporte reduciendo los costos de viaje y aumento en la seguridad del viaje.

Se identificaron impactos ambientales negativos, sin embargo con la implementación de las medidas de mitigación, propuestas en el Plan de Manejo, estos impactos serán prevenidos, mitigables y compensables.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones. Producto del presente trabajo con el objetivo que sea de utilidad para la construcción del tramo en estudio.

Anexos. Se complementa toda la información utilizada en el desarrollo del proyecto.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Ubicación y localización del proyecto	5
1.5.1 Macro localización	5
1.5.2 Micro localización	5
1.6 Naturaleza y Clima	6

CAPÍTULO II ESTUDIO DE SUELOS

2.1 Estudio de suelo	8
2.1.1 Suelo	8
2.1.2 Meteorización	8
2.1.3 Las propiedades físico-mecánicas	8
2.1.3.1 Trabajo de campo	9
2.1.3.1.1 Sondeos de línea	10
2.1.3.1.2 Actividades de laboratorio	10
2.1.3.1.2.1 Análisis Granulométrico	11
2.1.3.1.2.2 Límites de Atterberg	11
2.1.3.1.2.3 Clasificación de los suelo	12
2.1.3.1.2.4 Pesos unitarios	12
2.1.3.1.2.5 Proctor standard	12
2.1.3.1.2.6 Resultados de laboratorio	12
2.1.3.1.2.6.1 Resultados de ensayos de las muestras de los sondeos de línea	12
2.1.3.1.2.6.1.1 Ensayo CBR	15

2.1.3.1.3 Investigación de fuentes de materiales	16
2.1.3.1.3.1 Resultados de ensayos a muestras de fuentes de materiales	17
2.1 Especificaciones técnicas de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento	18
2.1.1 Superficie de rodamiento	18
2.1.2 Base	19
2.1.3 Sub – base	20
2.1.4 Sub – rasante	20

CAPÍTULO III ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1 Estudio de tránsito	23
3.1.1 Aforos vehiculares	23
3.1.2 Capacidad de la vía	23
3.1.3 Análisis de cargas equivalentes	23
3.1.4 El tránsito	24
3.1.5 Recopilación de datos	24
3.1.5.1 Clasificación vehicular	24
3.1.5.1.1 Vehículos de pasajeros	24
3.1.5.1.2 Vehículos de carga	25
3.1.5.1.3 Equipo pesado	25
3.2 Estudios de campo	25
3.2.1 Volumen de tránsito	25
3.2.2 Expansión a 24.0 Horas	26
3.3 Tránsito promedio diario	28
3.4 Tránsito promedio diario anual (TPDA)	29
3.5 Proyección del tránsito	31
3.5.1 Tasa de crecimiento vehicular (Tc)	31
3.5.2 Crecimiento poblacional	32
3.5.3 Crecimiento vehicular	32
3.5.4 Producto interno bruto (PIB)	33
3.6 Tránsito de diseño	34
3.6.1 Período de diseño (N)	34
3.6.2 Factor direccional (FD)	35

3.6.3 Factor de crecimiento (FC).....	35
3.6.4 Factor de distribución por carril.....	36
3.6.5 Determinación del tránsito de diseño	37

CAPÍTULO IV DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO

4.1 Introducción	40
4.2 Índice de serviciabilidad	40
4.2.1 Serviciabilidad inicial:.....	41
4.2.2 Serviciabilidad final:	41
4.2.3 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI).....	41
4.3 Análisis de cargas y ejes equivalentes para el diseño de pavimento	42
4.4 Confiabilidad (R)	44
4.5 Desviación estándar (S_0)	45
4.6 Coeficiente de drenaje	46
4.7 Propiedades de los materiales	46
4.7.1 Determinación del CBR de diseño	46
4.8 Propiedades de los materiales	49
4.8.1 Módulo Resiliente (MR)	49
4.8.2 Coeficientes estructurales de capa	49
4.8.3 Coeficiente estructural de la carpeta (Adoquín) a1	50
4.8.4 Coeficiente estructural para base granular a2.....	50
4.9 Cálculo de espesores	51
4.9.1 Cálculo del número estructural (SN) y espesores de capas (D)	51
4.10 Criterios de estabilidad y posibilidad de construcción	52
4.11 Cálculo de espesores de capas mediante el programa computarizado: Pavement Analysis Software™, Pavement Design Analysis, versión 3.3. .	54

CAPÍTULO V ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Legislación vigente	56
5.2 Descripción del Proyecto	57
5.3 Metodología del análisis ambiental	57
5.4 Evaluación de emplazamiento	58

5.5 Análisis de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto	60
5.6 Posibles impactos esperados con el proyecto	61
5.6.1 Durante la etapa de construcción	62
5.6.2 Durante la etapa de funcionamiento	62

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	68
Recomendaciones	69
Bibliografía	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sondeos efectuados	10
Tabla 2. Ensayos de laboratorios	11
Tabla 3. Sondeos efectuados y resultados de ensayos	13
Tabla 4. Estratigrafía del suelo	15
Tabla 5. Valores de CBR	16
Tabla 6. Bancos de materiales investigados	16
Tabla 7. Resultados de ensayos de laboratorio de las fuentes de materiales	18
Tabla 8. CBR de los bancos de materiales	18
Tabla 9. Especificaciones de materiales para base granular	19
Tabla 10. Especificaciones de materiales para sub-base	20
Tabla 11. Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub- rasante	21
Tabla 12. Aforo vehicular en ambos sentidos, agosto 2014	26
Tabla 13. Factores día de ajustes de la estación 307 del tramo: El Tule – Condega	26
Tabla 14. Conteo Vehicular expandido a 24.0 Hrs. por Tipo de Vehículo en ambos sentidos los días Jueves 07, Viernes 08 y Sábado 09 de agosto del año 2014	27
Tabla 15. TPDiurno para cada tipo de vehículo y TPDiurno ajustado en el mes de agosto, año 2014	28

Tabla 16. Factores de ajustes de la estación 307 del tramo: El Tule – Condega	30
Tabla 17. Cálculo del tránsito promedio diario anual	31
Tabla 18. Tasa de Crecimiento Poblacional (2005- 2020)	32
Tabla 19. Datos históricos del TPDA	33
Tabla 20. Producto interno bruto (PIB)	34
Tabla 21. Período de diseño (N)	35
Tabla 22. Factor de distribución por dirección (FD)	35
Tabla 23. Factor de distribución por carril	36
Tabla 24. Tránsito proyectado, para el tramo, San Sebastián de Yalí – El Pochote al año 2034	37
Tabla 25. Tránsito de diseño para el tramo: San Sebastián de Yalí – El Pochote	38
Tabla 26. Valor de la serviciabilidad final	41
Tabla 27. Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).....	44
Tabla 28. Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes	45
Tabla 29. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles	45
Tabla 30. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles	46
Tabla 31. Valores de CBR para diseño	47
Tabla 32. Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar El CBR de Diseño	47
Tabla 33. Cálculo para determinar el CBR de diseño	48
Tabla 34. Nota: Según la AASHTO -93 los espesores mínimos sugeridos para capas de concreto asfáltico y base en función del tránsito	52
Tabla 35. Datos usados para calcular espesores en el programa Pavement Analysis Software versión 3.3	53
Tabla 36. Resultados del análisis de emplazamiento en el componente Geología	59
Tabla 37. Resultados de la evaluación de emplazamiento en el componente Ecosistema	59
Tabla 38. Resultados de la evaluación de emplazamiento en el componente institucional social	60
Tabla 39. Análisis de los principales problemas ambientales	61

Tabla 40. Principales impactos ambientales que genera el proyecto	63
Tabla 41. Principales impactos ambientales que genera el proyecto	64
Tabla 42. Medidas de mitigación	65
Tabla 43. Medidas de mitigación	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO I

Anexo 1. Imagen N° 1. Tramo de carretera San Sebastián de Yalí-El Pochote	II
Anexo 2. Imagen N° 2. Tramo de carretera San Sebastián de Yalí-El Pochote	III
Anexo 3. Imagen N° 3. Banco de materiales N° 1	IV
Anexo 4. Imagen N° 4. Banco de materiales N° 2	V

ANEXOS CAPÍTULO II

Anexo 1. Clasificación de suelos, según AASHTO	VII
Anexo 2. Clasificación unificada de suelos, según SUCS	VIII
Anexo 3. Correlación entre el tipo de material, CBR y K	IX

ANEXOS CAPÍTULO III

Anexo 1. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos	XI
Anexo 2. Diagrama de cargas permisibles aplicadas en los puntos de control.....	XII
Anexo 3. Diagrama de cargas permisibles	XII

ANEXOS CAPÍTULO IV

Anexo 1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2$, $SN = 5$	XIV
Anexo 2. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Tándem, $p_t = 2$, $SN = 5$	XV

Anexo 3. Número Estructural SN para Sub-rasante y Base. Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles	XVI
Anexo 4. Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Base Granular y distintos Parámetros Resistentes	XVII

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

CBR: California Bearing Ratio.

CREC: Crecimiento.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

FC= Factor de Crecimiento

FD= Factor de Distribución Direccional

Fc= Factor Carril

GC: Grava arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

IMS: Ingeniería de Materiales y Suelos. Laboratorio de suelos.

INEC: Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos.

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR= Módulo resiliente.

NP: No Plástico.

N°: Número.

OL: Limos y arcillas orgánicas. Clasificación SUCS de los suelos.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI= Libras por pulgada cuadrada.

SC: Arena arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

SN= Coeficiente estructural.

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos).

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

TAC: Tasa Anual de Crecimiento.

TPD: Tránsito Promedio Diurno.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

VPD: Volumen Promedio Diario.

MARENA: Ministerio del ambiente y los recursos naturales

G L O S A R I O

Adoquín. Piedra labrada, concreto u otro material en forma de un prisma para uso en pavimentos.

Adoquinado. Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

Aglomerante. Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

Agregado. Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Arcillas. Partículas finas con tamaño de grano menor a 2 μm (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

Arena. Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N° 200.

Asentamiento. Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

Banco de materiales. Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclado en mayor ó menor cantidad con material fino (arenas, arcillas) que da lugar a bancos de gravas arcillosas, gravas arenosas.

Base. Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub-base o de la sub-rasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

Berm a. Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

Bombeo. Inclinação transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Calicata. Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Carretera. Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes e Infraestructura.

Carretera no pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Portland (rígida) o de adoquín (semiflexible).

Carril. Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CBR (California Bearing Ratio). Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

Cemento portland. Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

Cimentación. Parte de una estructura que transmite cargas al terreno de fundación.

Cohesión. La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

Compactación. Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland.

Concreto. Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

Corte (directo). Ensayo según el cual un suelo sometido a una carga normal falla al moverse una sección con respecto a otra.

Cota: Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

Derecho de vía. Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

Eje de la carretera. Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de

autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

Escorrentía. Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

Estabilización de suelos. Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

Fatiga. Reducción gradual de la resistencia de un material debido a sollicitaciones repetidas.

Fisura. Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

Flujo de tránsito. Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

Fraguado. Proceso de una mezcla de concreto o mortero para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.

Granulometría. Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

Grava. Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

Impermeabilidad. Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

Inestabilidad. Pérdida de resistencia a las fuerzas que tienden a ocasionar movimiento o distorsión de una estructura del pavimento.

Intersección. Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

Junta. Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambiente.

Límite líquido. Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Límite plástico. Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

Limos. Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.

Malla. Abertura cuadrada de un tamiz.

Módulo resiliente (Suelos). Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

Mortero. Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante (bituminoso o cemento portland), agua y puede contener aditivos.

Muestreo. Investigación de suelos, materiales, asfalto, agua etc., con la finalidad de definir sus características y/o establecer su mejor empleo y utilización.

Paso de peatones. Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

Pavimento. Estructura construida sobre la sub-rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: sub-base, base y rodadura.

Pavimento flexible. Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.

Pavimento rígido. Constituido por cemento Portland como aglomerante, agregado y de ser el caso aditivo.

Peralte. Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Permeabilidad. Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Porosidad. Propiedad de un cuerpo que se caracteriza por la presencia de vacíos en su estructura.

Rasante. Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

Red vial. Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural)

Sección transversal. Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

Socavar. Erosión de la cimentación de una estructura u otro elemento de la vía por la acción del agua.

Sub-base. Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

Subrasante. Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

Talud. Inclinação de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

Tamiz. Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

Tramo. Parte continúa de una carretera.

Tránsito. Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía

Usuario. Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la vía pública.

Vehículo. Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

Vehículo liviano. Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

Vehículo pesado. Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t

Velocidad de diseño. Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

Velocidad de operación. Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

Vía. Camino, arteria o calle.

Vía urbana. Arterias o calles conformantes de un centro poblado.

Vida útil. Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

C A P Í T U L O I

A S P E C T O S G E N E R A L E S

1.1 Introducción

El municipio de San Sebastián de Yalí está ubicado en la región norte-central del país, en el extremo Sur-Oeste del departamento de Jinotega al que pertenece administrativamente y dista de la cabecera departamental a 45 Km en una recién construida y muy moderna carretera y a 203 Kms de la ciudad capital Managua. Se localiza entre las coordenadas $13^{\circ} 14' 30''$ y $13^{\circ} 14' 33''$ de latitud norte, $86^{\circ} 00' 07''$ y $86^{\circ} 00' 11''$ longitud oeste (ver macro y micro localización, página 6).

Este municipio presenta una zona con topografía irregular, motivo por el cual los caminos que unen sus diferentes comunidades tienden a deteriorarse con facilidad sobre todo en épocas lluviosas, afectando directamente a todos los sectores sociales del municipio.

Durante los últimos años la alcaldía de San Sebastián de Yalí ha tratado de dar respuesta a los usuarios en la mejora de este tramo de carretera, pero por sus limitantes financieras no se ha formulado un diseño técnico aplicable al proyecto, motivo por el cual en la presente tesina se realizará el diseño de la estructura de pavimento articulado.

Es función de la municipalidad proponer y ejecutar medidas relacionadas con la vialidad urbana y rural, procurando encontrar un equilibrio entre la lógica urbanizadora y la conservación del medio ambiente, en aras de contribuir al desarrollo económico, social y mejorar el nivel de vida de los habitantes del municipio.

La carretera Yalí - Condega tiene una longitud de 38.92 km, de los cuales diseñaremos aplicando el método AASHTO 93; el tramo Yalí – El Pochote, que comprende 1.5 km ubicados de la estación 0 + 620 a la estación 2 + 120, y que comunica gran parte de las comunidades existentes en nuestro municipio, siendo esta de importante acceso para la producción, y el comercio, en el municipio.

1.2 Antecedentes

Según los pobladores del tramo de carretera, Yalí – El Pochote, este camino se abrió inicialmente con un tractor de oruga y sin revestimiento, el cual no disponía de obras de drenaje lo que hacía que fuera propenso al deterioro. En el periodo 1970 - 1980 se hizo el primer revestimiento con material selecto con el apoyo de los pobladores de la zona.

En el municipio de Yalí, la red vial durante los últimos diez años, ha tenido gran auge gracias al desarrollo socioeconómico de sus habitantes y a la gestión administrativa eficiente de sus autoridades municipales, quienes se han visto en la necesidad de encontrar soluciones viables y económicas que les permitan satisfacer los anhelos de sus habitantes de tener caminos en buenas condiciones que permita el crecimiento y desarrollo de su municipio.

Actualmente el tramo de carretera Yalí - El Pochote se encuentra constituido por una carpeta de rodamiento de macadán, las condiciones son desfavorables debido a la presencia de baches, falta de señalización y otros factores que disminuyen la calidad y comodidad del viaje.

1.3 Justificación

Una comunicación vial adecuada es de vital importancia en el desarrollo del municipio de Yalí, es por ello que surge la iniciativa de adoquinar 1.5 km, en la carretera Yalí - Condega, en el tramo comprendido entre el casco urbano del municipio de Yalí y la comunidad de El Pochote; entre las estaciones 0 + 620 y 2 + 120.

En época lluviosa, debido al mal estado de la carretera y falta de drenaje del agua pluvial, se dificulta el acceso del transporte privado y colectivo en la carretera, Yalí - El Pochote ya que las condiciones son desfavorables debido a la presencia de baches, falta de señalización y otros factores que disminuyen la calidad y comodidad del viaje.

En los últimos años, con el dinamismo de la economía nacional, el tránsito vehicular ha crecido, y el progreso está estimulando a casi todos los rincones del país. Consecuencia de ello, la mayoría de esta población, manifiesta una creciente protesta y clamor por contar con caminos en buenas condiciones de circulación, sin baches, polvo o charcas.

La ejecución de este proyecto tiene la finalidad de solucionar la problemática existente en el tramo antes mencionado; mejorando las condiciones para el tránsito peatonal y vehicular del municipio. Con este proyecto se beneficiará de forma directa a los habitantes de la comunidad El Pochote, e indirectamente a todo el municipio de San Sebastián de Yalí, ya que esta carretera comunica al municipio, con otros municipios vecinos.

1.4 O b j e t i v o s

1.4.1 O b j e t i v o G e n e r a l

- Diseñar la estructura de pavimento articulado por el método AASHTO 93, para el tramo Yalí - El Pochote del municipio de San Sebastián de Yalí.

1.4.2 O b j e t i v o s E s p e c í f i c o s

- Analizar las características físico-mecánicas del suelo del sitio, de los bancos de materiales y así saber si son aptas para utilizarlas en la estructura de pavimento.
- Elaborar un estudio de tránsito para caracterizar su composición y volumen actual a fin de ser proyectado para el periodo de diseño.
- Determinar espesores de la estructura de pavimento para el tramo "Yalí - El Pochote" utilizando el método AASHTO 93.
- Identificar posibles impactos ambientales, positivos y negativos que puedan ocasionarse con la implementación del proyecto en las etapas de construcción y mantenimiento del mismo.

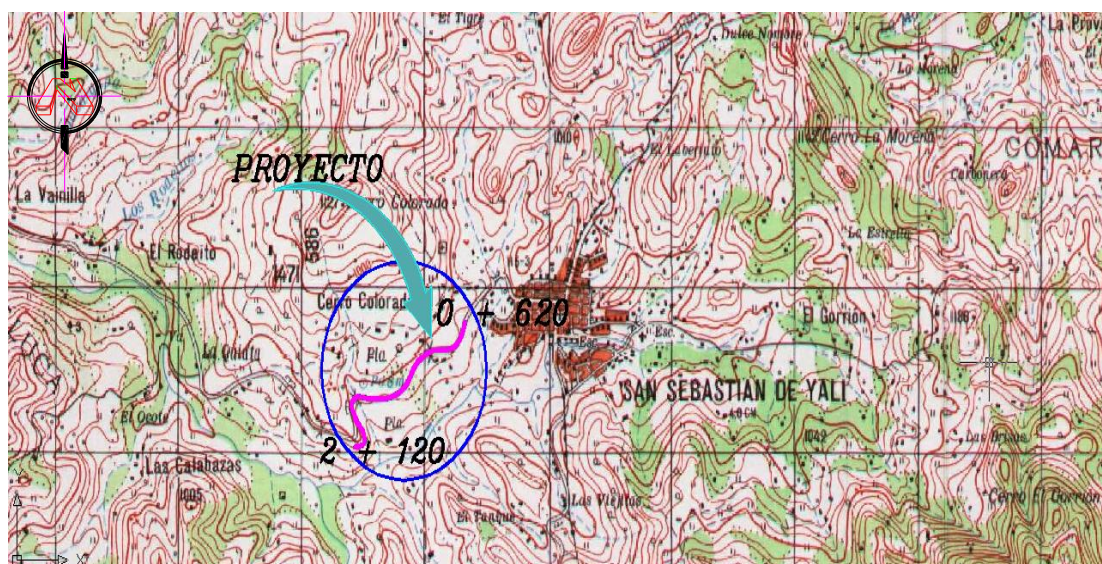
1.5 Ubicación y localización del proyecto

El proyecto se realizará en la carretera San Sebastián de Yalí – Condega, en el municipio de San Sebastián de Yalí.

1.5.1 Macro localización



1.5.2 Micro localización



1.6 Naturaleza y Clima

El municipio tiene un clima de sabana tropical de altura, con una temperatura promedio que oscila entre los 21° y 22° C, con una precipitación pluvial anual entre los 2.000 y 2.600 mm.

Aproximadamente un 50% del territorio está poblado de vegetación de tipo variado, la que va desde coníferas hasta pluvioselva, existe diversidad de árboles maderables tales como: Caoba, Cedro, Aguacate, Areno, Encino, Roble, etc. La fauna en el territorio ha quedado empobrecida a causa de los despaes indiscriminados, encontrándose muy escasamente animales silvestres.

C A P Í T U L O I I

E S T U D I O D E S U E L O S

2.1 Estudio de suelo

2.1.1 Suelo

Es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos (Meteorización).

2.1.2 Meteorización

Consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.

2.1.3 Las propiedades físico-mecánicas

Son características que se utilizan para la selección de los materiales, las especificaciones de construcción y el control de calidad.

Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub-rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades de los suelos, es necesario tomar muestras; posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades, a lo largo de la línea del proyecto y de los bancos de material en las inmediaciones del mismo: Granulometría, Límite de Atterberg (líquido e índice plástico), Valor Soporte (CBR), Densidad (próctor), Humedad.

Un suelo conforme a su granulometría se clasifica así¹:

- Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2 mm)
- Arena gruesa: de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No. 40 (0.425 mm)
- Arena fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz No. 200 (0.075 mm).
- Limos y arcillas: tamaños menores de 0.075 mm.

¹ Manual Centroamericano para diseño de pavimentos. (SIECA). Capítulo 4. Página 3.

Las propiedades de plasticidad se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg, las cuales son:

- Límite líquido o LL: Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido
- Límite plástico o LP: Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo
- Índice plástico o IP: es la diferencia entre LL y LP, que nos indica la plasticidad del material.

En este capítulo se plasman los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en el estudio de suelo en el proyecto de **“Adoquinado de 1.5 km en el tramo de carretera Yalí – El Pochote”**, el cual se encuentra localizado en la carretera Yalí - Condega. Dicho estudio se realizó con el propósito de obtener las características principales del sub-suelo para realizar el diseño de estructuras de pavimento requeridas a partir de la estación 0 + 620 a la estación 2 + 120, de la carretera San Sebastián de Yalí – Condega, para el estudio de suelos las estaciones son: estación inicial es 0 + 000 y estación final 1 + 500.

2.1.3.1 Trabajo de campo

Los sondeos tomados por el laboratorio GEONIC. Ingenieros consultores, contratado por Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) se ubicaron de forma alterna en el centro, derecha e izquierda de la línea central y dentro de la plataforma del camino o carretera. El espaciamiento entre sondeos fue de 100 m y la profundidad máxima de exploración fue de 1.5 metros, habiéndose realizado diez y seis (16) sondeos con la recuperación de cincuenta y seis (56) muestras representativas de las diferentes capas de materiales encontrados.

Tabla 1. Sondeos efectuados

Localización	Sondeo N°	Estación
Yalí – El Pochote	S - 1	0 + 000
	S - 2	0 + 100
	S - 3	0 + 200
	S - 4	0 + 300
	S - 5	0 + 400
	S - 6	0 + 500
	S - 7	0 + 600
	S - 8	0 + 700
	S - 9	0 + 800
	S - 10	0 + 900
	S - 11	0 + 000
	S - 12	1 + 100
	S - 13	1 + 200
	S - 14	1 + 300
	S - 15	1 + 400
	S - 16	1 + 500

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

2.1.3.1.1 Sondeos de línea

De acuerdo a los ensayos de laboratorio, se puede determinar en general, que se encontraron desde una hasta tres capas de materiales en el rango de profundidad explorada desde la superficie hasta 1.5 m máximo. Siendo de dos capas la estructura predominante con el 56.25 %; el 25 % de una capa de los sitios explorados, respectivamente y solamente el 18.75 % restante corresponde a sitios de tres capas de materiales.

2.1.3.1.2 Actividades de laboratorio

Las muestras obtenidas en el campo, en los sondeos de línea, fueron trasladadas al laboratorio de GEONIC, Ingenieros consultores, para practicar en ellas los ensayos requeridos para conocer y determinar sus propiedades físico – mecánicas, clasificar las mismas y conocer su capacidad de soporte. De esta manera, a cada muestra obtenida en los sondeos se les practicaron los siguientes ensayos:

Tabla 2. Ensayos de laboratorios

Tipo de Ensayo	Designación A.A.S.H.T.O
Análisis granulométrico de los suelos	T 27 – 88
Límite líquido de los suelos	T 89 – 90
Índice de plasticidad de los suelos	T 90 – 97
Pesos Unitarios (*)	T 19 – 88
Ensayo Proctor Estándar (*)	T 180 – 90
Ensayo C.B.R. (*)	T 193 – 81

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

2.1.3.1.2.1 Análisis Granulométrico

Este ensayo pretende determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una muestra de material tomada del sondeo. Los resultados del ensayo muestra porcentajes de granos de partículas, de acuerdo al peso, agrupadas por rangos de tamaño. Las referencias de este ensayo son:

- AASHTO T87-70: preparación de la muestra
- AASHTO T88-70: procedimiento de prueba
- ASTM D421-58
- D422-63

2.1.3.1.2.2 Límites de Atterberg

Se conocen generalmente de esta forma a los ensayos que se realizan en los suelos para determinar el límite líquido y el índice de plasticidad. Estos ensayos se refieren a dos de los cinco límites que fueron propuestos por Atterberg para identificar y clasificar los suelos. El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad y el índice de plasticidad es la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico, definiendo este último como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe cuando se enrolla a un diámetro aproximado de 3 mm. Las referencias de este ensayo son.

2.1.3.1.2.3 Clasificación de los suelo

Basándose en los resultados de la granulometría del suelo y de los resultados del límite líquido e índice de plasticidad, en términos generales, se establece la clasificación del suelo en cuestión tomando como parámetro el método de HRB.

2.1.3.1.2.4 Pesos unitarios

Los resultados de este ensayo proporcionan un conocimiento de la densidad del material tomado de muestra. Las referencias de este ensayo son:

ASTM D2937-71

2.1.3.1.2.5 Proctor standard

Este ensayo tiene por objeto determinar la relación entre el peso volumétrico y el contenido de agua de los suelos cuando se compactan con la metodología estandarizada de laboratorio. Las referencias de este ensayo son:

AASHTO T - 180 - 90

C. B. R: en este ensayo se obtiene la capacidad soporte de un suelo bajo ciertas condiciones idealizadas. Su referencia es.

AASHTO T - 193 - 81

2.1.3.1.2.6 Resultados de laboratorio

Definidos los ensayos a realizar se procedió a efectuar los mismos a cada una de las muestras obtenidas en los sondeos de línea.

2.1.3.1.2.6.1 Resultados de ensayos de las muestras de los sondeos de línea

De acuerdo a estos resultados, específicamente la granulometría, plasticidad y clasificación AASHTO, existe un predominio absoluto de materiales granulares o gravo arenosos con el 93 % de las muestras ensayadas; el 4 % corresponden a materiales finos limosos o arcillosos y solamente el 3 % corresponde a material rocoso.

Tabla 3. Sondeos efectuados y resultados de ensayos

GEONIC. Ingenieros Consultores														
RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS														
													FECHA :	08/02/2014
Proyecto :	Adoquinado de 1.5 km el municipio de San Sebastián de Yalí													
Procedencia	Material tomado de la Capa final de Base . =0 + 00 a la Est. =1 + 500													
Estación	Profundidad	MUESTRA	% Que pasa por el tamiz										Clasific	
	En (m)	No	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	L.L.	I.P.	H.R.B.
Sondeo # 1														
0+000	0.00-0.55	1		77	61	52	39	30	25	19	14	36	13	A-2-6 (o)
0+000	0.55-1.50	2						100	99	92	63	45	16	A-7-5 (9)
Sondeo # 2														
0+100	0.00-0.40	3		93	82	71	53	41	34	27	19	40	13	A-2-6 (o)
0+100	0.40-1.50	4					95	89	83	48	21	34	10	A-2-4 (o)
Sondeo # 3														
0+200	0.00-1.50	5		93	82	71	53	41	34	27	19	40	13	A-2-6 (0)
Sondeo # 4														
0+300	0.00-1.50	6		91	79	71	49	32	27	20	14	30	12	A-2-6 (o)
Sondeo # 5														
0+400	0.00-1.50	7	100	94	76	62	33	17	10	5	3	--	NP	A-1-a (o)
Sondeo # 6														
0+500	0.00-0.80	8		85	53	46	34	27	23	18	13	36	13	A-2-6 (o)
0+500	0.80-1.50	9	93	69	58	50	32	26	23	18	14	48	13	A-2-7 (0)
Sondeo # 7														
0+600	0.00-0.40	10	79	72	59	52	37	24	18	12	10	36	13	A-2-6 (0)
0+600	0.40-1.20	11			86	74	56	44	33	21	13	34	10	A-2-4 (0)
0+600	1.20-1.50	12												Roca
Sondeo # 8														
0+700	0.00-0.40	13			84	75	66	45	38	30	22	35	12	A-2-6 (o)
0+700	0.40-1.50	14	93	69	58	50	32	26	23	18	14	48	13	A-2-7 (o)
Sondeo # 9														
0+800	0.00-0.20	15		85	53	46	34	27	23	18	13	36	13	A-2-6 (o)
0+800	0.20-1.50	16	90	77	60	51	31	22	19	14	11	42	12	A-2-7 (o)
Sondeo # 10														
0+900	0.00-1.50	17	100	77	57	43	28	15	14	8	4	--	NP	A-1-a (0)
Sondeo # 11														
1+000	0.00-0.20	18	91	85	70	60	34	14	11	7	6	34	10	A-2-4 (o)
1+000	0.20-1.50	19		86	72	61	42	30	25	20	14	42	14	A-2-7 (o)
Sondeo # 12														
1+100	0.0-0.05	20	91	85	70	60	34	14	11	7	6	34	10	A-2-4 (o)
1+100	0.05-0.40	21	90	77	60	51	31	22	19	14	11	42	12	A-2-7 (0)
1+100	0.40-1.50	22		89	75	63	42	26	19	12	8	36	13	A-2-6 (0)
Sondeo # 13														
1+200	0.00-0.30	23	95	73	54	44	34	26	21	16	12	23	10	A-2-4 (o)
1+200	0.30-1.50	24	90	78	63	57	45	34	26	18	13	36	13	A-2-6 (o)
Sondeo # 14														
1+300	0.00-0.35	25	95	73	54	44	34	26	21	16	12	23	10	A-2-4 (0)
1+300	0.35-1.50	26	89	67	46	39	28	21	18	15	12	42	14	A-2-7 (0)
Sondeo # 15														
1+400	0.00-0.10	27	91	85	70	60	34	14	11	7	6	34	10	A-2-4 (o)
1+400	0.10-1.30	28		92	70	58	35	20	15	9	4	--	NP	A-1-a (o)
1+400	1.30-1.50	29												Roca
Sondeo # 16														
1+500	0.00-0.10	30	91	85	70	60	34	14	11	7	6	34	10	A-2-4(o)
1+500	0.10-1.50	31		93	82	71	53	41	34	27	19	40	13	A-2-6(o)

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

Es claro observar y deducir que los materiales granulares corresponden a la capa superficial de revestimiento existente en toda la longitud del camino, así como a capas intermedias y/o de rellenos que en muchos casos abarcan toda la profundidad de exploración indicada.

Estos materiales granulares clasifican principalmente como A-2-4, A-2-6 y A-2-7, todos de índice de grupo "cero", representan el 81 % de los resultados obtenidos y son de excelente a buena calidad. El otro 19 % son materiales A-1-a, también con índice de grupo "cero" corresponden a materiales excelentes o buenos utilizados en la construcción de caminos y carreteras según la AASHTO.

En cuanto a los materiales limo-arcillosos clasifican principalmente A-7-5 con el 04 % de los resultados. Para estos suelos el índice de grupo es "9".

Respecto al espesor de la primera capa o superficial de revestimiento que existe a lo largo de todo el camino son materiales granulares; según los resultados de campo varía desde los 5 cm hasta los 150 cm de profundidad. La gran mayoría correspondiente al 56 % de las mediciones tienen un espesor variable entre 10 cm y 40 cm. Solamente el 6 % de estas, es menor de 5 cm y el 38 % son mayores de los 40 cm.

Es muy importante destacar que debajo de la primera capa de materiales con espesores indicados anteriormente, se encuentran una o dos capas de materiales con características y propiedades bastante similares a los materiales de la primera capa, es decir los del tipo granular arriba descritos y solamente en la estación 0 + 000, se presentan materiales limo-arcillosos (A - 7 - 5).

Tabla 4. Estratigrafía del suelo

Estación/Sondeo	0 + 000	0 + 100	0 + 200	0 + 300	0 + 400	0 + 500	0 + 600	0 + 700
Profundidad (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
0.10	A - 2 - 6 (0);	A - 2 - 6 (0)				A - 2 - 6 (0)	A - 2 - 6 (0)	A - 2 - 6 (0)
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60	A - 7 - 5 (9)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 6 (0)	A - 2 - 6 (0)	A - 1 - a (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 7 (0)	
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
Estación/Sondeo	0 + 800	0 + 900	1 + 000	1 + 100	1 + 200	1 + 300	1 + 400	1 + 500
Profundidad (m)	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
0.10	A - 2 - 6 (0)		A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 6 (0)
0.20	A - 2 - 7 (0)		A - 2 - 7 (0)	A - 2 - 7 (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 2 - 4 (0)	A - 1 - a (0)	A - 2 - 6 (0)
0.30								
0.40								
0.50								
0.60	A - 2 - 7 (0)	A - 1 - a (0)	A - 2 - 7 (0)	A - 2 - 6 (0)	A - 2 - 7 (0)	A - 2 - 7 (0)	A - 1 - a (0)	A - 2 - 6 (0)
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

2.1.3.1.2.6.1.1 Ensayo CBR

Los valores de CBR fueron determinados en los ensayos de laboratorio practicados a los materiales de los sondeos de línea, de los cuales se presenta un valor promedio, para cada tipo de suelo originando los siguientes resultados:

Tabla 5. Valores de CBR

Clasificación	Densidad máxima (KG / M ³)	Humedad óptima %	% Compactación reproducida	% Valor CBR	Índice de Grupo	Hinchamiento
A - 1 - a	1,797	11.1	95	93	0	0.74
A - 2 - 4	2,082	9.7	95	66	0	0.42
A - 2 - 6	2,119	9.2	95	35	0	0.30
A - 2 - 7	2,057	10.2	95	31	0	0.31
A - 7 - 5	1,157	29.9	95	5	9	1.03

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

2.1.3.1.3 Investigación de fuentes de materiales

La investigación de fuentes de materiales aptas para el uso de la construcción del espesor de pavimento, es una actividad que se realiza como parte de la búsqueda de obtener costos menores en la construcción de las vías disminuyendo en lo posible, la longitud de acarreo del material de préstamo.

La investigación de las posibles fuentes de materiales se realizó a lo largo de la vía, tomando las muestras necesarias para un análisis correspondiente.

Los bancos son de uso conocido en la zona y ya han estado en explotación, por lo que presentan cortes. En cada banco se realizaron calicatas de 3.0 m de profundidad distribuidas en el área del banco, más toma de muestras del corte y/o acopios existentes.

Se investigaron 3 bancos de materiales en los cuales se obtuvieron 6 muestras tomadas de exploraciones a cielo abierto de 2 m x 2 m x 2 m y hasta 3 m de profundidad.

Tabla 6. Bancos de materiales investigados

Nº/Nombre/Dueño	Estación km + m (Izq o Der) m	Coordenadas geográficas	Estimado de reservas (m ³)
Nº 1. Jaime Chavarría	00 + 840; 20 m der	557377	22400
		1470945	
Nº 2. Juan Alberto Rodríguez	12 + 700; 10 m izq	581716	72000
		1476501	
Nº 3. David Dávila	15 + 500; 15 m izq	580730	56000
		1478140	

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

En la tabla 6, se presenta el resumen de fuentes o bancos de materiales muestreados en este estudio, todos prácticamente a la orilla o muy cercano al eje del camino. Situación que es favorable para la construcción del proyecto, dado que se reducen los costos de viaje o transporte de dichos materiales.

En total fueron tres (3) los sitios de bancos investigados, pero se detectó la existencia de otro número igual de sitios con aparente presencia de materiales adecuados para el proyecto, siempre ubicados muy cerca o a orillas del camino. De tal manera que la selección de los tres sitios investigados se hizo en base a lo que se observaron con mejor calidad y mayor potencial de explotación.

Para cada sitio, la tabla 6, presenta, su propietario, ubicación respecto al estacionamiento de la línea del camino con su respectiva distancia de desviación derecha o izquierda de dicha línea. Además las coordenadas de ubicación geográfica en WS-84 tomadas en el eje del camino al frente del banco; también se incluye la estimación de los volúmenes de reservas o de explotación probable, obtenidos mediante consideraciones geomorfológicas y de mediciones de las dimensiones del banco y/o estimaciones visuales, en combinación a consideraciones y criterios basados en la experiencia del ingeniero de campo.

2.1.3.1.3.1 Resultados de ensayos a muestras de fuentes de materiales

Con relación a la investigación en fuentes de materiales, se logró muestrear tres bancos de materiales, cuyos resultados presentamos en la tabla 7.

Los resultados de laboratorio comprenden la distribución de tamaños o granulometría del material, su plasticidad, clasificación AASHTO.

En general todos los bancos de materiales investigados poseen de excelente a buena calidad para su uso en el proyecto.

La resistencia o valor relativo soporte (CBR) de estos materiales varía entre 58.6 % y 82.4 % al 95 % de compactación, de acuerdo con la metodología Proctor Modificado.

Tabla 7. Resultados de ensayos de laboratorio de las fuentes de materiales

Densidad Máxima	Humedad óptima	CBR	% Que Pasa por el Tamiz										L. L.	I. P.	Clasificación
Kg./m³	%	95%	2''	1 1/2''	1''	3/4''	3/8''	Nº4	Nº1	Nº4	Nº20	(%)	(%)	AASHTO	
Fuente de Materiales : Nº 1. Jaime Chavarría															
1,768	12.6	81.3	92	84	72	66	51	42	38	31	25	31	3.2	A-1-b (0)	
Fuente de Materiales : Nº 2. Juan Alberto Rodríguez															
1,910	12.8	58.6	100	94	76	65	41	29	26	23	19	37	11	A-2-4 (0)	
Fuente de Materiales : Nº 3. Davis Dávila															
1,679	11.5	82.4		100	60	37	17	11	8	5	3	40	7.4	A-2-4 (0)	

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

Tabla 8. CBR de los bancos de materiales

Clasificación	CBR	L. L.	I. P.	Humedad óptima (%)	Banco de material
AASHTO	95%	(%)	(%)		
A-1-b (0)	81.3	30.9	3.2	12.6	Nº 1
A-2-4 (0)	58.6	37.1	10.6	12.8	Nº 2
A-2-4 (0)	82.4	39.9	7.4	11.5	Nº 3

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

2.1 Especificaciones técnicas de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento

2.1.1 Superficie de rodamiento

La superficie de rodamiento consistirá de una estructura semi-flexible compuesta de unidades de adoquín. La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser lavada, dura y uniforme y no deberá contener más del 3% de limo y/o arcilla en peso; su granulometría será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido por el tamiz No. 10.

Los bloques o adoquines son elementos contruidos con material pétreo y cemento, pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares, y que son colocados sobre una cama de arena de 3 a 5 centímetros de espesor, la que tiene como función primordial absorber las irregularidades que pudiera tener la base, proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado y ofreciendo una sustentación y apoyo uniforme en toda su superficie. Además sirve para drenar el agua que se filtra por las juntas, evitando que se dañe la base.

El adoquín a utilizarse será denominado tipo tráfico cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor de 350 kg/cm^2 (5000 PSI)².

2.1.2 Base

La base estará constituida por agregados seleccionados, compuestos preferiblemente de grava o de agregados triturados. La base se deberá colocar en una capa y compactarse a un mínimo de 95% Próctor Modificado (ASTM D 1557). El material usado como base deberá satisfacer los siguientes requisitos:

Tabla 9. Especificaciones de materiales para base granular

N°	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25 % máx.	AASHTO -89
2	Índice Plástico	6 % máx.	AASHTO -90
3	CBR	80 % mín.	AASHTO -193
4	Desgaste de los Ángeles	50 % máx.	AASHTO -96
5	Intemperismo Acelerado	12 % máx.	AASHTO -104
6	Compactación	95 % mín del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO -180)	AASHTO -191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

² Normas NIC-2000. Sección 502. Pavimentos de adoquines de concreto. Página.273.

El banco de materiales a utilizar para la base es el banco N° 1, propiedad del señor Jaime Chavarría el cual cumple con el CBR que es de 81.3 % y el índice de plasticidad que es de 3.2 %.

2.1.3 Sub - base

Esta deberá ser colocada sobre la terracería en una capa compactada hasta alcanzar el 95% mínimo de su peso volumétrico seco máximo (ASTM D 1557). El material a utilizarse como capa de sub-base deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Tabla 10. Especificaciones de materiales para sub-base

N°	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO -89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO -90
3	CBR	40% mín	AASHTO -193
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO -96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO -104
6	Compactación	95% mín del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado	AASHTO -191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (a).

2.1.4 Sub - rasante

Es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Tabla 11. Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante

N °	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla No. 200	40 % máx.	30 % máx.	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40 % máx.	30 % máx.	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15 % máx.	10 % máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10 % min	20 % máx.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95 % min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO-T-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 203. 11 (b), 1003. 21, 1003. 24 (g).

C A P Í T U L O I I I

E S T U D I O D E T R Á N S I T O

El tránsito es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento de un pavimento, por consiguiente, es necesario conocer el número y tipo de vehículos que circulan por una vía por medio de Aforos (Conteos Vehiculares), para determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causen al pavimento articulado.

Los factores referentes al tránsito, se obtienen a través del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el porcentaje que representa cada tipo de eje, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño.

Permite determinar la cantidad de vehículos que se trasladan de un lugar a otro. Se utiliza para evaluar la situación actual de una vía en la cual se hace un diagnóstico de la demanda vehicular.

3.1 Estudio de tránsito

Permite determinar la cantidad de vehículos que se trasladan de un lugar a otro. Se utiliza para evaluar la situación actual de una vía en la cual se hace un diagnóstico de la demanda vehicular.

3.1.1 Aforos vehiculares

Es la cuantificación de los volúmenes actuales de tránsito, con las condiciones presentes y pronosticar los volúmenes que serán atraídos y generados como resultado de su rehabilitación y mejora.

3.1.2 Capacidad de la vía

Es el máximo volumen horario de tránsito que puede circular por un punto o una sección.

3.1.3 Análisis de cargas equivalentes

Para el cálculo de los ejes equivalentes se consideran los tipos de vehículos obtenidos en los conteos o aforos vehiculares y los pesos sugeridos por la AASHTO para cada uno de ellos. Esto se hace cuando en el tramo de estudio

no se cuenta con una báscula que permita el pesaje de los vehículos (en todo caso es el M TI).

3.1.4 El tránsito

Es una variable importante para el diseño de una vía el número y el peso de los ejes de los vehículos ya que son factores que influyen en el diseño de la estructura de pavimento.

Para su correcta elaboración se realizaron tres etapas.

- ✓ Recopilación de datos.
- ✓ Procesamiento de información.
- ✓ Análisis de la información obtenida.

3.1.5 Recopilación de datos

En esta etapa se recopilaron los datos por medio de aforos vehiculares, en un periodo de una semana por doce horas. Se eligió una estación 0 + 620 ubicada en el tramo de carretera Yalí – El Pochote. El objetivo de este es determinar el tránsito promedio diario, tipo de vehículos, número, tipo y peso de los ejes.

3.1.5.1 Clasificación vehicular

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (M TI) ha designado cuatro categorías (ver Anexos capítulo III. Anexo 1, página IX).

3.1.5.1.1 Vehículos de pasajeros

Son motocicletas, autom óviles, jeep, camionetas, microbús (capacidad menor o igual a 14 pasajeros), minibús (capacidad de 15 a 30 pasajeros), bus (capacidad mayor de 30 pasajeros).

3.1.5.1.2 Vehículos de carga

Estos son vehículos livianos de carga (peso máximo de 4 toneladas), camiones de carga C2 – C3 (peso mayor de 5 toneladas), camiones de carga pesada (tipo Tx-Sx \leq 4 ejes), camiones Tx-Sx \geq 5 ejes (considerados combinaciones de tracto, camión y semirremolque), camión Cx-Rx \leq 4 ejes (combinación camión remolque), Cx-Rx \geq 5 ejes (combinación camión remolque).

3.1.5.1.3 Equipo pesado

Estos son los vehículos agrícolas y vehículos de construcción.

Otros

Remolques y tráileres (pequeños que sean halados por cualquier clase de vehículo automotor).

3.2 Estudios de campo

3.2.1 Volumen de tránsito

El estudio de los volúmenes de tránsito, su composición y comportamiento, forman parte de los parámetros fundamentales para el método de diseño de pavimento semi-flexible. Dicho estudio consiste en la determinación de las cantidades y características del tránsito (cantidades y tipo de vehículos).

El volumen de tránsito que circula por la vía, se determinó a través de aforos. El aforo se realizó durante una semana, a partir del día Lunes 04 al domingo 10 de agosto; en un período de tiempo de 12 horas correspondiente de 6:00 am a 6:00 pm cada.

A continuación se presenta el resultado del conteo vehicular (Ver tabla 12).

Tabla 12. Aforo vehicular en ambos sentidos, agosto 2014

Aforo Vehicular de 12 horas																
Día	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga									
	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	Micro Bus	Bus	Liviano de carga	C2	C3	T2 - S1	T2 - S2	T3 - S1	T3 - S2	Vehí Construc	Vehí Agric	TOTAL
Lunes	22	3	15	46	1	9	25	17	4	0	0	0	0	1	2	145
Martes	21	5	14	48	0	9	24	18	5	0	0	0	0	0	0	144
Miércoles	25	7	17	55	1	10	22	17	7	0	0	0	0	0	0	161
Jueves	20	12	11	50	2	9	23	20	9	0	0	0	0	0	0	156
Viernes	23	4	30	57	1	9	26	23	12	0	0	0	0	0	0	185
Sábado	34	4	12	58	2	10	26	18	8	0	0	0	0	0	0	172
Domingo	121	28	15	45	1	9	28	21	23	1	0	0	0	0	0	292
TOTAL	266	63	114	359	8	65	174	134	68	1	0	0	0	1	2	1255

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Expansión a 24.0 Horas

Los volúmenes de tráfico diario de doce horas de los días jueves, viernes y sábado se expandieron a tráfico de veinticuatro horas, haciendo uso del Factor de expansión día por tipo de vehículo de la estación Sumaria N° 307 tramo El Tule – Condega, Nic – 3; la cual está en ubicada en la carretera San Sebastián de Yalí - Condega, correspondiente al conteo del año 2011.

Tabla 13. Factor día de ajustes de la estación 307 del tramo: El Tule – Condega

Camino: Nic-3 Estación: 307 Tramo: El Tule - Condega (Inter Nic - 3) Periodo L Días: 3 horas Mes/Año Julio 2011 Km: 217,700																	
Grupos	Vehículos de pasajeros						Vehículos de Carga								Equipo Pesado		
	Autos	Jeep	Cam	McBus <15 S	MnBus 15-30	Bus 30 + S	Liv. 2-5 t	C2 5 + t.	C3	Tx-Sx <=4e.	Tx-Sx <=5e.	Cx-Rx <=4e.	Cx-Rx <=5e.	V. A	V. C	Otros	Total
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	16	17	18
Factor Día	1.2	1.47	1.3	1.3	1.41	1.11	1.18	1.2	1.26	1.13	1.00	1.22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.16

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. M.TI. Año 2011. Página 231.

Tabla 14. Conteo Vehicular expandido a 24.0 Hrs. por Tipo de Vehículo en ambos sentidos los días Jueves 07, Viernes 08 y Sábado 09 de agosto del año 2014

Tipo de Vehículo	Día Jueves			Día Viernes			Día Sábado			
Motos	20	25	1.25	23	29	1.26	34	42	1.24	1.25
Autos	12	18	1.50	4	6	1.50	4	6	1.50	1.50
Jeep	11	14	1.27	30	38	1.27	12	15	1.25	1.26
Camionetas	50	64	1.28	57	73	1.28	58	74	1.28	1.28
Micro Bus	2	3	1.50	1	1	1.00	2	3	1.50	1.33
Bus	9	10	1.11	9	10	1.11	10	11	1.10	1.11
Liviano de carga	23	27	1.17	26	31	1.19	26	31	1.19	1.19
C 2	20	24	1.20	23	28	1.22	18	22	1.22	1.21
C 3	9	11	1.22	12	15	1.25	8	10	1.26	1.24
Total	156	196		185	231		172	214		

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Factor 24 hrs} = \frac{\text{Vol. 24 hrs}}{\text{Vol. 12 hrs}} \quad (\text{E.C. 3.1})$$

$$\text{Factor motos 24 hrs} = \frac{25}{20} = 1.25 \text{ (Día Jueves)}$$

$$\text{Factor motos 24 hrs} = \frac{29}{23} = 1.26 \text{ (Día Viernes)}$$

$$\text{Factor motos 24 hrs} = \frac{42}{34} = 1.24 \text{ (Día Sábado)}$$

$$\text{Factor de ajuste promedio} = \left(\frac{\text{Factor jueves} + \text{Factor viernes} + \text{Factor sábado}}{3} \right) \quad (\text{E.C. 3.2})$$

$$\text{Factor de ajuste promedio} = \left(\frac{1.25 + 1.26 + 1.24}{3} \right) = 1.25$$

3.3 Tránsito promedio diario

Es el tránsito total registrado por día, dividido por los siete días de la semana. Del conteo elaborado en la Estación 0 + 620 (Ver Tabla 3.1), se determina el tránsito promedio diario por medio de la siguiente ecuación:

$$TPDiurno = \frac{\sum TDiurno}{7} \quad (EC.3.3)$$

TPDiurno = Tránsito promedio diario.

$\sum TDi$ = Suma de Tránsito diario.

$$TPDiurno = \frac{266}{7} = 38 \text{ veh}/12 \text{ hrs}$$

Los valores restantes de TPDiurno se presentan en la Tabla 3.4, en esta misma tabla se determina el valor TPDiurno ajustado para cada tipo de vehículo.

Tabla 15. TPDiurno para cada tipo de vehículo y TPDiurno ajustado en el mes de agosto, año 2014

Tipo de vehículo	Tránsito semanal	TPDiurno	Factor ajuste promedio	TPDiurno ajustado
Motos	266	38	1.25	47
Autos	63	9	1.50	14
Jeep	114	16	1.26	20
Camionetas	359	51	1.28	65
Micro Bus	8	1	1.33	1
Bus	65	9	1.11	10
Liviano de carga	174	25	1.19	30
C2	134	19	1.21	23
C3	68	10	1.24	12
Total	1255			223

Fuente: Elaboración Propia.

$$TPDiurno \text{ ajustado} = TPDiurno \times Fajust24hrs \quad (EC. 3.4)$$

$$TPDiurno \text{ ajustado}(MOTOS) = 38 \times 1.25 = 47$$

Una vez ajustado el Tránsito Promedio Diurno; se obtendrá el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) para cada tipo de vehículo.

3.4 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio de los volúmenes diarios de tránsito durante un año en una sección dada de una vía.

Para obtener el tránsito promedio diurno del tramo de carretera Yalí – El Pochote se tomó como referencia los datos registrados por el M TI; mediante aforos que dicha institución realiza en estaciones permanentes, ubicadas en toda la red vial del país.

El M TI ha desarrollado factores de ajuste, con el objetivo que si se lleva a cabo un conteo vehicular sea posible aplicar dichos factores, desarrollados a partir de la estación permanente y obtener así el TPDA en un tramo de carretera previamente establecido.

La estación permanente que está asociada con el tramo San Sebastián de Yalí – El Pochote es la estación de conteo sumaria **307** tramo El Tule – Condega, Nic – 3; la cual está ubicada en la carretera San Sebastián de Yalí - Condega.

Tabla 16. Factores de ajustes de la estación 307 del tramo El Tule—Condega

Camino:	NIC-3	Estación:	307	Tramo:	El Tule - Condega (Inter Nic-1)			Periodo	L	Días:	3	Horas:		Mes/Año	Julio	2011	Km:	217.700
Grupos		Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.		Otros
		2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18		19
TP(D)	66	3	6	54			22	9	12	2								174
Factor Dia	1.24	1.47	1.25	1.28	1.41	1.11	1.18	1.21	1.26	1.13	1.00	1.22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.16	
Factor Semana	0.96	1.06	1.12	1.02	0.95	0.97	0.99	0.89	0.86	0.80	1.00	1.17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.22	
Factor Expansión	1.06	1.00	1.01	0.95	0.98	1.09	0.96	1.03	0.93	1.17	1.00	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	0.53	
TPDA May-Ago	83	4	8	68			25	10	12	2								212
% TPDA	39.15	1.89	3.77	32.08			11.79	4.72	5.66	0.94								100.00
% Vehiculos Livianos		76.89%						% Vehiculos Pesados						23.11%				100.00%

Fuente: Anuario de Aduanas de la Aduana IVI. Año 2011. Página 231.

Tomando los valores del TPDumo Ajustado De la tabla 15 y los factores de expansión de la tabla 16, determinemos el TPDA para cada tipo de vehículo.
Por lo tanto el TPDA se determina como:

Tabla 17. Cálculo del tránsito promedio diario anual

Vehículos	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	Micro Bus	Bus	Liviano de carga	C2	C3	Totales
TPDiurno ajustado	47	14	20	65	1	10	30	23	12	222
Factor expansión	1.06	1	1.01	0.95	0.98	0.96	1.03	0.9	1.17	
TPDA	50	14	20	62	1	10	31	21	14	223
% TPDA	22.42	6.28	8.97	27.80	0.45	4.48	13.90	9.42	6.28	100
% Vehículos livianos					66	% Vehículos pesados			34	100

Fuente: Elaboración propia.

$$TPDA = TPDiurno\ ajustado \times factor\ expansión \quad (EC. 3.5)$$

$$TPDA_{(MOTOS)} = 47 \times 1.06 = 49.82 \approx 50$$

$$\% TPDA = \frac{TPDA\ Moto}{TOTAL\ TPDA} \times 100 \quad (EC. 3.6)$$

$$\% TPDA = \frac{50}{223} \times 100$$

$$\% TPDA = 22.42$$

$$\% Vehículos\ livianos = 22.42 + 6.28 + 8.97 + 27.80 + 0.45 = 65.92 \approx 66$$

$$\% Vehículos\ pesados = 4.48 + 13.90 + 9.42 + 6.28 = 34.08 \approx 34$$

3.5 Proyección del tránsito

3.5.1 Tasa de crecimiento vehicular (Tc)

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentajes. Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta otras variables como son:

3.5.2 Crecimiento poblacional

Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando "tiempo por unidad" para su medición.

Según las estadísticas poblacionales cuantificadas por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC), actualmente Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) se obtuvieron las tasas de crecimiento por municipio, las cuales fueron ajustadas a las tasas estimadas para los departamentos. Finalmente, para la proyección hasta el año 2020, se tomó la población base del año 2005 ajustándose a los techos departamentales proyectados al 30 de junio de cada año. (Ver tabla N° 3.7 y tabla N°. 3.8).

Tabla 18. Tasa de Crecimiento Poblacional (2005- 2020)

AÑO	Tasa de Crecimiento. (TC)
2005 - 2010	1.9
2010 - 2015	1.4
2015 - 2020	1.6
Promedio TC	1.63

Fuente: Proyecciones de la población. INIDE. Año 2008. Pag 50.

Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE); en el año 2010 la tasa de crecimiento poblacional en el municipio de San Sebastián de Yalí fue de 1.4.

3.5.3 Crecimiento vehicular

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular aplicamos la siguiente ecuación.

$$TC = \left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (EC. 3.7)$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDAi: Tráfico promedio diario actual.

TPDAo: Tráfico promedio diario del año base.

n: Diferencia de años.

Para el comportamiento vehicular tomamos en cuenta el tránsito de la estación sumaria N° 307 cubierta por el MTI; al que corresponde nuestro tramo en estudio (NIC - 1) El Tule - Condega.

Tabla 19. Datos históricos del TPDA

El Tule - Condega (INTER NIC -1) Estación. No. 307										
AÑO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
TPDA				158				176		212

Fuente: Anuario de aforos de tráfico año 2011 MTI. Pag. 92.

Aplicando la ecuación 3.7 para determinar la tasa de crecimiento para el período (2009 - 2011) obtenemos.

$$TC = \left(\frac{212}{176} \right)^{\frac{1}{2}} - 1$$

$$TC = 0.0975 * 100 = 9.75 \%$$

Concluimos que para este período el tráfico en el tramo creció a una tasa de 9.75 %.

3.5.4 Producto interno bruto (PIB)

Esta variable es el valor de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de una nación en un periodo. El PIB en congruencia al poder adquisitivo (PPA) de una nación es la suma de valor de todos los bienes y servicios producidos en un país. Se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo.

El PIB promedio de los últimos 10 años es de 3.11 % .

Tabla 20. Producto interno bruto (PIB)

AÑO	PIB	% Crecimiento PIB
2001	27,887.40	3.00
2002	28,087.50	0.80
2003	28795.5	2.50
2004	30,325.20	5.30
2005	31,623.90	4.30
2006	32,936.90	4.20
2007	34,136.90	3.60
2008	35,078.80	2.80
2009	34,563.40	-1.50
2010	36,112.00	4.50
2011	37,809.00	4.70
Promedio		3.11

Fuente: Estadísticas microeconómicas, BCN. Anuario 2010.

Tomando en cuenta la tasa de crecimiento vehicular, crecimiento económico y poblacional presentados anteriormente y dado a que en promedio nos da 4.83% , siendo este valor muy alto, **se tomó un valor de 3.0% como tasa de crecimiento para la proyección de tránsito en la zona.**

3.6 Tránsito de diseño

3.6.1 Período de diseño (N)

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comiencen alterar, el funcionamiento del pavimento.

Basándonos en el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectora rurales de 10 a 20 años. Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de **20 años.**

Hoy en día, se recomienda que se estudien los pavimentos para un período de comportamiento mayor, ya que ellos pueden dar lugar a una mejor evaluación de las alternativas a largo plazo basadas en análisis de corto-tiempo.

Tabla 21. Período de diseño (N)

Tipo de carretera	Período de diseño (años)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	10 – 20
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001. Pag. 10.

3.6.2 Factor direccional (FD)

El factor direccional es el factor del total del flujo vehicular censado; generalmente su valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección; y la otra mitad va en otra.

Tabla 22. Factor de distribución por dirección (FD)

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de 0.5 para el tramo en estudio.

3.6.3 Factor de crecimiento (FC)

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el tránsito, la tasa del incremento anual vehicular; además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} * 365 \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Dónde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del tránsito (%).

n: Período de diseño (años).

365: Días del año.

Sustituyendo valores obtenemos:

i: 3.0 %.

n: 20 años.

$$FC = \frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} * 365 \quad (\text{EC. 3.9})$$

$$FC = 9,807.68 \approx 9,808$$

3.6.4 Factor de distribución por carril

Este factor se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL'S. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Tabla 23. Factor de distribución por carril

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Para nuestro tramo en estudio asignamos el valor de $Fc' = 1$ puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

3.6.5 Determinación del tránsito de diseño

Es el volumen de tránsito para un año cualquiera; siendo el número de veces, que pasara el tránsito por la vía en (n) años.

$$TPDA_{2034} = T_{02014} * (1 + i)^n \quad (EC. 3.10)$$

Dónde:

T_0 = Tránsito Inicial en el año n.

i = Tasa de crecimiento anual en %

n = Número de año en el período de diseño.

Tabla 24. Tránsito proyectado, para el tramo, San Sebastián de Yalí – El Pochote al año 2034

Tipo de vehículo	TPDA ₂₀₁₄	Tasa de crecimiento	N	TPDA Proyectado 2034
Motos	50	0.03	20	90
Autos	14	0.03	20	25
Jeep	20	0.03	20	36
Camionetas	62	0.03	20	112
Micro Bus	1	0.03	20	2
Bus	10	0.03	20	18
Liviano de carga	31	0.03	20	56
C2	21	0.03	20	38
C3	14	0.03	20	25
Total				403

Fuente: Elaboración Propia.

$$TPDA_{2034} = 50 * (1 + 0.03)^{20} = 90.30 \approx 90$$

Teniendo el tránsito proyectado determino el tránsito de diseño de la siguiente manera:

$$T_D = TPDA_0 * FC * FD * F'_C$$

$$T_D = TPDA_{2014} * FC * FD * F'_C \quad (EC. 3.11)$$

D ó n d e :

TPDA₀: Tránsito Promedio Diario Anual del año cero.

FC: Factor de crecimiento

FD: Factor de distribución por sentido

Fc': Factor de distribución por carril

Tabla 25. Tránsito de diseño para el tramo: San Sebastián de Yalí – El Pochote

Tipo de vehículo	TPDA 2014	FC	FD	Fc'	TD 2034
Motos	50	9808	0.5	1	245200
Autos	14	9808	0.5	1	68656
Jeep	20	9808	0.5	1	98080
Camionetas	62	9808	0.5	1	304048
Micro Bus	1	9808	0.5	1	4904
Bus	10	9808	0.5	1	49040
Liviano de carga	31	9808	0.5	1	152024
C2	21	9808	0.5	1	102984
C3	14	9808	0.5	1	68656
Total					1093592

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de cálculo del tránsito de diseño

$$TD = 50 \times 9808 \times 0.5 \times 1$$

$$TD \text{ (Motos)} = 245200$$

C A P Í T U L O I V

D I S E Ñ O D E E S T R U C T U R A S D E P A V I M E N T O

4.1 Introducción

Un pavimento es una estructura conformada por diferentes capas, de diferentes espesores.

Cada capa recibe las cargas de la capa superior, las distribuye, luego pasa estas cargas a la capa inmediatamente inferior. Por lo tanto, cuanto más abajo este una capa menor es la carga que recibe.

Los pavimentos con adoquín tienen una capa de rodadura conformada por adoquines de concreto de 10 cm de espesor, colocados sobre una capa de arena con un espesor requerido de 3 a 5 cm y con un sello de arena entre sus juntas, presentan una base de material granular y pueden tener una sub-base dependiendo si el diseño así lo amerita.

El método utilizado para efectuar el diseño, fue el de la AASHTO -93, el cual recomienda que para pavimentos con adoquín aplicar los mismos criterios de diseño establecidos para pavimentos flexibles, este método toma en cuenta el valor de soporte del suelo, la cantidad de ejes equivalentes a 18,000 lbs, que transitarán en el período de diseño, drenaje en el área del Proyecto, etc. Este método considera las siguientes variables:

4.2 Índice de serviciabilidad

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final la mejor forma para evaluar esto es por el índice servicio presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el número, mejor será su condición al tráfico. Para ello debe asumirse la serviciabilidad inicial, p_0 , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción y la serviciabilidad final o terminal, p_t , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista. Los valores recomendados son los que se obtuvieron en el AASHTO Road Test:

4.2.1 Serviciabilidad inicial:

$p_o = 4.5$ para pavimentos rígidos.

$p_o = 4.2$ para pavimentos flexibles.

4.2.2 Serviciabilidad final:

$p_t = 2.5$ Lo más para caminos muy importantes.

$p_t = 2.0$ para caminos de menor tránsito³.

Para la determinación de la serviciabilidad de un pavimento se toma en cuenta que la serviciabilidad final de un pavimento (P_t) depende del tránsito y del índice de servicio inicial (P_o).

Tabla 26. Valor de la serviciabilidad final

Característica de la vía	Valor de (P_t)
Autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico	2.5 - 3.0
Autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas interurbanas	2.0 - 2.5
Vías locales, ramales, secundarias y agrícolas	1.8 - 2.0

Fuente: Manual AASHTO - 93.

p_o (Serviciabilidad Inicial) = 4.2 Para pavimentos flexibles.

p_t (Serviciabilidad Final) = 2 Para vías de tráfico normal.

4.2.3 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la inicial y la final. (Diseño de pavimentos AASHTO 93. Edición 2006. Página 172).

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (\text{EC-4.1})$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 \quad \Delta PSI = 2.2$$

³ Diseño de pavimentos AASHTO 93. Edición 2006. Página 172.

4.3 Análisis de cargas y ejes equivalentes para el diseño de pavimento

Definiremos como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó 18, 000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento, haciendo uso del factor de equivalencia de carga, acumulados durante el período de diseño, se hará uso de las cargas por ejes por cada tipo de vehículo permitidas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (ver anexos capítulo III. Anexos 2 y 3, página XII).

Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL's) existe un factor correspondiente que se obtienen de las tablas de la AASHTO 93 de los ejes sencillos y dobles, ara cada eje de los vehículos la cual a su vez se sugiere utilizar el valor de SN 5, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes (ver anexos capítulo IV. Anexos 1 y 2, páginas XIV y XV).

Los ejes equivalentes se obtienen conociendo el tránsito de diseño y los factores de equivalencia, mediante la siguiente expresión:

$$Esal\ 0\ W\ 18 = TD * FactorCarga\ (EC-4.2)$$

Para realizar el cálculo del **ESALs** de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por el camino durante el período de diseño, y el factor de equivalencia de carga. Para obtener dicho factor se considera una **serviciabilidad final de 2.0**, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un **coeficiente estructural de carga SN = 5**.

Calculamos el factor equivalente de carga (LEF) para cada tipo de vehículo según su peso por eje.

Para un auto el eje delantero y el eje trasero pesan lo mismo, según diagrama de carga de vehículos livianos. Peso de eje: 2200 lbs.= 2.2 Kips.

Para pavimento flexible, con ejes simples y una serviciabilidad $P_t = 2$, con un $SN = 5$ se tiene que:

Peso	$SN = 5$
2 = 2000	0.0002
4 = 4000	0.002

$$4000 - 2000 = 2000$$

$$0.002 - 0.0002 = 0.0018$$

Luego como el peso del automóvil es de 2.2 kips igual a 2,200 lbs entonces hacen falta 200 con respecto a 2200 por tanto se realiza la regla de tres.

$$\begin{array}{cc} 2000 & 0.0018 \\ 200 & X \end{array}$$

$$X = (200 * 0.0018) / 2000$$

$$X = 0.00018$$

$$X = 0.00018$$

Entonces tenemos que el factor equivalente de carga para 2200 va a ser:

$$0.0002 + 0.00018 = 0.00038 = \text{Factor ESALs.}$$

De igual forma se realizan las demás interpolaciones para los otros tipos de vehículos.

En la tabla 27, se presentan los otros factores equivalentes de cargas.

Para obtener ESALs para cada tipo de vehículo sustituimos la ecuación 4.2

$$\text{ESALs de diseño} = TD * \text{Factor Carga.}$$

$$\text{ESALs (autos) de diseño} = 68656 * 0.00038$$

$$\text{ESALs (autos) de diseño} = 26$$

En la siguiente tabla se presentan los valores de coeficientes de carga ESALs de diseño para cada tipo de vehículo.

Tabla 27. Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton)

Tipo de vehículo	T0	Peso por eje en LBS	Tipo de eje	TD	F. ESAL	ESAL Diseño
Motos	50	0	Simple	245200	0	0
		0	Simple	245200	0	0
Autos	14	2200	Simple	68656	0.00038	26
		2200	Simple	68656	0.00038	26
Jeep	20	2200	Simple	98080	0.00038	37
		2200	Simple	98080	0.00038	37
Camionetas	62	2200	Simple	304048	0.00038	116
		4400	Simple	304048	0.0034	1034
Micro Bus	1	4400	Simple	4904	0.0034	17
		8800	Simple	4904	0.0502	246
Bus	10	11000	Simple	49040	0.1265	6204
		22000	Simple	49040	2.35	115244
Liviano de cargas	31	8800	Simple	152024	0.0502	7632
		17600	Simple	152024	0.9206	139953
C2	21	11000	Simple	102984	0.1265	13027
		22000	Simple	102984	2.35	242012
C3	14	11000	Simple	68656	0.1265	8685
		36300	Doble	68656	1.4325	98350
Total ESAL de diseño						632646

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor de:

ESAL o W18 = 632646 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

4.4 Confiabilidad (R)

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, la guía de la AASHTO, 1993 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para nuestro tramo y dada la ubicación en la que se encuentra la vía, y el tránsito que utilizara esta es liviano, se asume un valor de confiabilidad (R) de **80 %**, que corresponde a un valor recomendado, para una clasificación como una zona rural y para tipo de caminos colectores.

Tabla 28. Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rurales interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

4.5 Desviación estándar (S_o)

La desviación estándar (S_o), es un factor que representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura.

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. Es un valor representativo de las condiciones locales particulares, este parámetro está ligado directamente y depende del nivel de confiabilidad (R) seleccionado; en este paso deberá seleccionarse un valor S_o . “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

La guía de la AASHTO, 1993 recomienda adoptar valores de S_o comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

Tabla 29. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles

Condiciones de diseño	Desviación estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35 pavimento Rígido
	0.45 Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40 Pavimento Rígido
	0.50 Pavimento Flexible

Fuente: Libro de diseños para pavimentos. AASHTO 93. Tercera edición. Página 135.

En el presente estudio se utilizará un valor de desviación estándar de $S_o = 0.45$ para este diseño.

4.6 Coeficiente de drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje.

Tabla 30. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	< 25 %
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.40

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 148.

El valor asumido en este diseño fue del **1.00**, ya que se presenta una calidad de drenaje bueno.

4.7 Propiedades de los materiales

4.7.1 Determinación del CBR de diseño

Una vez obtenidos los CBR en los ensayos de laboratorio en las muestras tomadas a lo largo del camino se observa que estos resultados como es de suponer no son constantes dado a las características granulométricas, es por eso que es necesario seleccionar un CBR de diseño para todo el tramo que tome en cuenta la capacidad de soporte de los materiales existentes en el camino.

El suelo típico de subrasante de una unidad de diseño es un material sobre el cual se efectuaron 16 ensayos de CBR y los resultados fueron 93, 66, 35 y 31. Con estos datos se calcula el CBR de diseño para un tránsito de 6.32646×10^5 ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas durante el período de diseño.

Solución:

Presentamos una tabla de resumen con los datos de CBR de la subrasante considerando una profundidad de 60 cm, de la superficie:

Tabla 31. Valores de CBR para diseño

Clasificación	Densidad máxima (KG/M ³)	Humedad óptima %	% Compactación reproducida	% Valor CBR	Índice de Grupo	Hinchamiento
A - 1 - a	1,797	11.1	95	93	0	0.74
A - 2 - 4	2,082	9.7	95	66	0	0.42
A - 2 - 6	2,119	9.2	95	35	0	0.30
A - 2 - 7	2,057	10.2	95	31	0	0.31

Fuente: Laboratorio GEONIC Ingenieros Consultores.

Tabla 32. Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar El CBR de Diseño

Límites para Selección de Resistencia.	
Número de ejes de 8.2 ton en el Carril de diseño (n)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
$< 10^4$	60
10^4 a 10^6	75
$> 10^6$	87.5

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Ing. Alfonso Montejo Fonseca. Segunda Edición 2001. Página 68.

ESAL o W₁₈ = 632646 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

Se ordenan los valores de resistencia de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.

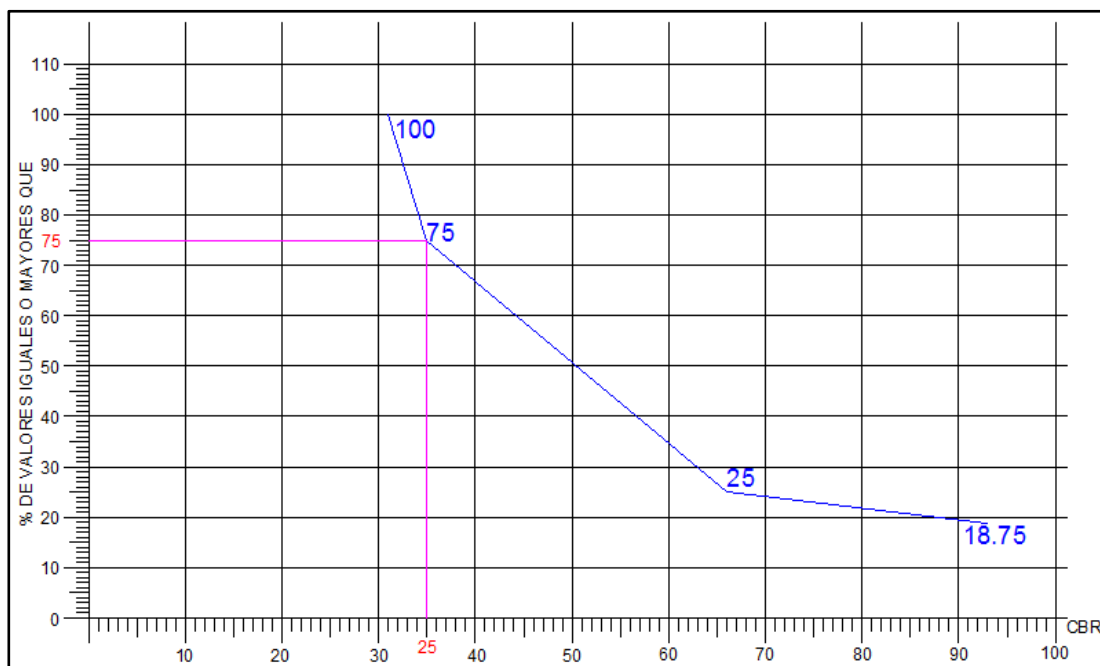
Tabla 33. Cálculo para determinar el CBR de diseño

Tipo de Suelo	CBR (95%)	Frecuencia	Número de valores iguales o mayores que	% de valores iguales o mayores
A - 2 - 7	31	4	16	$(16/16) * 100 = 100$
A - 2 - 6	35	8	12	$(12/16) * 100 = 75$
A - 2 - 4	66	1	4	$(4/16) * 100 = 25$
A - 1 - a	93	3	3	$(3/16) * 100 = 18.75$
		16		

Fuente: Elaboración propia.

La columna 3 muestra las veces que se presenta cada tipo de suelos sobre la subrasante a una profundidad de 30 cm, (ver tabla 4 estratigrafía del suelo, capítulo II, página 16)

Gráfico N° 4.1. Determinación del CBR de la subrasante



Al trazar la tangente sobre el valor percentil de 75% obtenemos el CBR de diseño para la sub-rasante igual a 35%.

4.8 Propiedades de los materiales

4.8.1 Módulo Resiliente (M R)

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas. Para su determinación se ha establecido correlaciones a partir de otros ensayos como el CBR encontrándose que su relación se define como:

Las ecuaciones de correlación recomendadas son las siguientes:

- Para materiales de sub-rasante con CBR igual o menor a 10 %

$$M R = 1,500 \times C B R$$

- Para materiales de sub-rasante con valores de CBR mayores a 20 %

$$M R = 4,326 \times \ln (C B R) + 241$$

Cálculo para determinar el módulo de resiliencia, para CBR de 35 % en la sub-rasante.

$$M R = 4,326 \times \ln (C B R) + 241$$

$$M R = 4,326 \times \ln 35 + 241$$

$$M R = 15,621.44 \text{ PSI}$$

Hay que destacar que el material usado en el diseño de la base pertenece al banco de materiales N° 1 propiedad del señor Jaime Chavarría, con CBR 81.3 % .

El módulo resiliente de la base nos dio un resultado de 28500 PSI, se calculó por medio del nomograma de relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes. (Ver anexos capítulo IV. Anexo 4, página XVII).

4.8.2 Coeficientes estructurales de capa

Son factores estructurales que involucran las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, para servir como componente estructural del pavimento.

Los coeficientes estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a los números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Mediante el uso de nomogramas de la guía AASHTO; se determina el coeficiente estructural de cada capa.

4.8.3 Coeficiente estructural de la carpeta (Adoquín) a1

Para el coeficiente estructural del adoquín se utilizó el valor de 0.45, empleado en el ejercicio de diseño de pavimento de adoquín por el método AASHTO 93, ilustrado en el Manual Centroamericano de Pavimento pág. 107.

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas.

4.8.4 Coeficiente estructural para base granular a2

El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados (**ab**) (tal como es el caso de las bases de piedra picada, grava triturada, grava cernida, macadam hidráulico, etc.), se determina, a partir del Módulo Resiliente.

El coeficiente estructural **a2 es 0.136**, el cual se obtiene del nomograma para bases granulares no-tratadas de la AASHTO -93 Página Número 35. (Ver anexos capítulo IV. Anexo 4, página XVII).

4.9 Cálculo de espesores

Tenemos los valores encontrados anteriormente.

Ejes equivalentes ESALs: 632646 ejes equivalentes por carril de diseño.

- Confiabilidad (%) R: 80.
- Desviación Estándar So: 0.45
- Serviciabilidad Inicial Po: 4.2
- Serviciabilidad final Pt: 2.0
- Serviciabilidad (Δ psi): 2.2
- Propiedades de los materiales
 - ✓ Módulo Resiliente Sub – Rasante: 15,621.44 PSI
 - ✓ Módulo Resiliente Base: 28,500 PSI
 - ✓ Coeficiente Estructural Carpeta Adoquín a_1 : 0.45
 - ✓ Coeficiente Estructural Base a_2 : 0.136
- Drenaje (mi): 1.00

4.9.1 Cálculo del número estructural (SN) y espesores de capas (D)

Para el cálculo de SN; utilizamos el nomograma para resolver la ecuación AASHTO (Ver anexos capítulo IV. Anexo 3, página XVI). Obteniendo un resultado de SN para subrasante = 2.4 y SN para base = 1.9.

El espesor del adoquín es estándar de 4 pulgadas. Por tanto SN1 ya está dado y el coeficiente de carpeta (adoquín)⁴ $a_1 = 0.45$.

$$D_1^* = 4 \text{ Pulg de espesor}$$

$$SN_1 = D_1^* \times a_1$$

$$SN_1^* = (4 \times 0.45)$$

$$SN_1^* = 1.8$$

BASE

$$SN = SN_2^* - SN_1$$

$$SN = 2.4 - 1.8$$

$$SN = 0.6$$

⁴ Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo 7. Pag 107.

$$D2 = SN / a2 \times m$$

$$D2 = 0.6 / (0.136 \times 1)$$

$$D2^* = 4.41$$

Como verificación:

$$SN = a1 \times D1 + a2 \times D2 \times m2$$

$$SN = (0.45 \times 4) + (0.136 \times 4.41 \times 1.00)$$

$$SN = 1.8 + 0.60$$

$$SN = 2.4$$

$$SN1^* + SN2 \geq SN$$

$$1.80 + 0.60 \geq 2.4$$

$$2.4 \geq 2.4 \text{ O K}$$

4.10 Criterios de estabilidad y posibilidad de construcción

Es normalmente impráctico y antieconómico el extender y compactar capas que tengan un espesor menor a determinados mínimos. El tráfico, por otra parte, puede dictaminar otros espesores mínimos recomendables para lograr que las mezclas tengan estabilidad y cohesión satisfactorias.

La Tabla N°. 4.9, que se presenta a continuación, sugiere algunos espesores mínimos para capas de rodamiento y bases, en función de los valores de cargas equivalentes en el período de diseño.

Tabla 34. Nota: Según la AASHTO -93 los espesores mínimos sugeridos para capas de concreto asfáltico y base en función del tránsito son los siguientes:

Número de ESALs	Concreto Asfáltico	Base Granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 – 15,000	5.0 cm	10 cm
150,000 – 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 – 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 – 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía de Diseño AASTHO 93, Capítulo 3, pág. 46.

El resultado de espesor en el diseño de la base granular es de 4.41 pulgadas; el cual no cumple con las especificaciones de la AASHTO - 93, es por ello que tomamos 15 cm (6 pulgadas) como lo indica la AASHTO en los espesores mínimos sugeridos para base granular.

- ✓ Capa de rodamiento (adoquín) = 4 " (10 centímetros)
- ✓ Capa de arena = 2" (5 centímetros)
- ✓ Base = 6 " (15 centímetros)

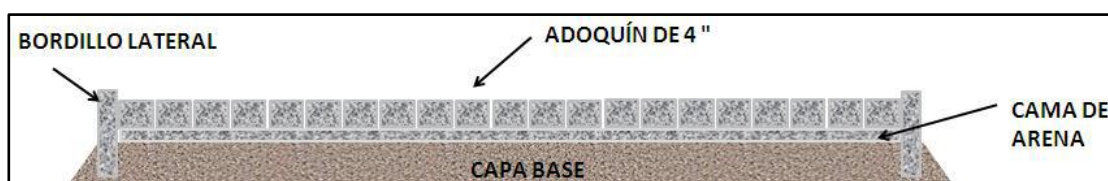


Tabla 35. Datos usados para calcular espesores en el programa Pavement Analysis Software versión 3.3

Variables	Valores
SN	2.4
ESALs	632646 ejes equivalentes por carril de diseño.
Confianza	80 %
Desviación estándar (S_0)	0.45
MR	15,621.44 PSI
Servicialidad inicial (P_0)	4.2
Servicialidad final (P_t)	2
Coefficiente de drenaje (m_1)	1
Coefficiente de capa a1	0.45
Coefficiente de capa a2	0.136

Fuente: Elaboración propia.

4.11 Cálculo de espesores de capas mediante el programa computarizado: Pavement Analysis Software™, Pavement Designing and Analysis, versión 3.3.

Pavement Design and Evaluation Ready 05-27-2015

Flexible Pavement Analysis

Structural Number	2,22
Design E 18's	632.646
Reliability	80,00
Overall Deviation (%)	0,45
Soil Resilient Mod.(*)	15.621
Initial Serviceability	4,20
Terminal Serviceability	2,00

UNITS
No Units

Solve For

Structural Number	2,22
-------------------	------

PgDn FOR LAYER DETERMINATION

F1:Help F2:List(*) F9:SolveFor F10:ClrField Esc:Back F8:Report ALT-X:Exit

Pavement Design and Evaluation Ready 05-27-2015

FLEXIBLE PAVEMENT THICKNESS DETERMINATION

Layer Number	Layer(*) Coefficient = a (i) =	Drainage Coefficient = m (i) =	Layer Thickness = t =	a(i)*Cd*t	Additional Thickness Needed
Upper	0.45	1.00	4.00	1.80	
2	0.14	1.00	6.00	0.82	
3					
4					
5					
6					

Σ 2.62

SN Required = 2.22 (Ok)

UNITS
Inches

F1:Help F2:List(*) F10:Clr Field Esc:Back F8:Report ALT-X:Exit

C A P Í T U L O V

E S T U D I O D E I M P A C T O A M B I E N T A L

5.1 Legislación vigente

La Ley No 217⁵ “Ley General del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales” establece las normas para la conservación, protección, mejora y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran asegurando su uso racional y sostenible”.

El artículo 3 de esta ley, fija como objetivo “la prevención regulación y control de cualquiera de las causas o actividades que originen deterioro del medio ambiente y los ecosistemas.

Así como también sus reformas ley No 647 “ley de reformas y adiciones a la ley No 217,- “Ley general del medio ambiente y los recursos naturales”, donde en su artículo 25 se mandata: “El sistema de evaluación ambiental será administrado por el Ministerio del Ambiente y de los recursos naturales en coordinación con las instituciones que correspondan”.

Esto implica que los proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad que por sus características, puede producir deterioro al ambiente y/o los recursos naturales, deberán obtener, previo a su ejecución, el permiso ambiental otorgado por el Ministerio del ambiente y recursos Naturales (MARENA).

El decreto 76 – 2006 rige el “Sistema de evaluación ambiental” y tiene como objeto establecer las disposiciones que regulan el Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua. En su artículo 18 del capítulo IV. – “Impactos Ambientales moderados”. Cita: Modificaciones al trazado de carreteras, autopistas, vías rápidas y vías sub-urbanas preexistentes, medido en una longitud continua de menos de (10 km) y nuevas vías intermunicipales.

⁵ Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2006). Decreto 76 – 2006. Sistema de Evaluación Ambiental. Publicado en la Gaceta Diario Oficial No.248 de 22 de diciembre .del 2006

Según la ley los proyectos de **Categoría Ambiental III**, están sujetos a un Estudio de Impacto Ambiental, lo cual es aplicado al proyecto: Diseño de 1.5 km de pavimento articulado por el método AASHTO 93, del tramo Yalí – El Pochote en el municipio de San Sebastián de Yalí, departamento de Jinotega.

Para determinar cualitativamente dichos impactos ambientales se usó una serie de matrices donde se le asignaron valores de acuerdo a las relaciones de las actividades vinculadas.

En la evaluación se abordaron factores que afectan ya sea positiva o negativamente de la zona en estudio.

5.2 Descripción del Proyecto

El proyecto está ubicado en la entrada a la ciudad de San Sebastián de Yalí, su macro y micro localización esta detallada en el capítulo 1 de este documento. Cabe señalar que la ejecución de la obra tendrá efectos sobre la población que habita en el sector y los conductores que hacen uso de la vía.

El proyecto se basa en la construcción de 1.5 km de adoquinado, este ofrece beneficios no solo al área donde está ubicado, sino también a todos los habitantes que hacen uso de la vía.

5.3 Metodología del análisis ambiental

- Análisis de la calidad ambiental del sitio sin considerar el proyecto, haciendo valoraciones de causas y efectos.
- Evaluación de los impactos ambientales que genera el proyecto, considerando para esto las acciones impactantes y efectos sobre los factores ambientales en cada sitio del proyecto.
- Realización de un programa de mitigación de los impactos ambientales generados por el proyecto, haciendo referencia a las acciones impactantes, los efectos y las medidas más idóneas.

- Construcción de un programa de contingencia ante riesgos, en el cual se describan las características del riesgo, especificando su peligrosidad y las medidas a tomar según sea el caso.

La evaluación del sitio se realizó mediante el llenado de tres (3) histogramas estadísticos.

En los cuales se abordan tres componentes con sus diversas variables: **(Geología, Ecosistema e Institucional y Social).**

Para cada componente se evaluó valorando todas las variables que lo integran, para ello se contó con la información de las características ambientales del territorio donde se emplazará el proyecto, se llenó una matriz de los valores obtenidos en cada escala E que va desde un valor 1 (situaciones más riesgosas) hasta 3 (situaciones libres de todo tipo de riesgos).

En las tablas, se puede constatar que la columna P, correspondió al peso o importancia del problema; de esta manera, que las situaciones más riesgosas o ambientalmente incompatibles tienen la máxima importancia o peso (3); mientras que las situaciones no riesgosas tienen la mínima importancia o peso (1), mientras que las situaciones intermedias tienen un peso o importancia mediano (2). La columna F indica la frecuencia con que aparece determinada escala en el análisis.

El valor total alcanzado para cada componente se obtuvo mediante el resultado de la ecuación, $\text{Valor total} = E \times P \times F / P \times F$.

5.4 Evaluación de emplazamiento

En proyectos horizontales, como el adoquinado de 1.5 km de carretera en el tramo San Sebastián de Yalí – El Pochote, se evalúan las características generales del sitio, a través del análisis del emplazamiento.

Tabla 36. Resultados del análisis de emplazamiento en el componente Geología

Componente Geología									
E	Sismicidad	Deslizamiento	Vulcanismo	Sedimentos	Calidad del suelo				
						P	F	ExPx F	P x F
1						3	0	0	0
2				x		2	1	4	2
3	x	x	x		x	1	4	12	4
Valor total: (ExPx F) / (P x F) = 2.67								16	6

Fuente: Elaboración Propia.

Este proyecto según el componente de Geología descrito en la tabla 36, alcanzo el valor de 2.67, lo que significa que el sitio es poco vulnerable, con muy bajo componente de riesgo a desastre y/o bajo deterioro de la calidad ambiental a pesar de limitaciones aisladas. Este proyecto es elegible para la alternativa de sitio.

Tabla 37. Resultados de la evaluación de emplazamiento en el componente Ecosistema

Componente de Ecosistema							
E	Hidrología superficial	Hidrología subterránea	Mar y lagos	P	F		
						ExPx F	P x F
1				3	0	0	0
2				2	0	0	0
3	x	x	x	1	3	9	3
Valor total: (ExPx F) / (P x F) = 3						9	3

Fuente: Elaboración Propia.

Como se logra apreciar en la tabla 37, los resultados del análisis del emplazamiento en el componente de Ecosistema, alcanzó el valor de 3, lo que significa que el sitio es poco vulnerable.

Este proyecto es elegible para la alternativa de sitio.

Tabla 38. Resultados de la evaluación de emplazamiento en el componente institucional social

Componente Institucional Social							
	Conflictos territoriales	Participación ciudadana	Plan de inversión y sostenibilidad	P	F		
E						ExPxF	PxF
1				3	0	0	0
2				2	0	0	0
3	x	x	x	1	3	9	3
						9	3
Valor total: (ExPxF) / (PxF) = 3							

Fuente: Elaboración Propia.

Desde la óptica del componente institucional social, el resultado de la tabla 38, es de 3, lo que indica que el sitio es poco vulnerable a los efectos sociales e institucionales con muy bajo nivel de riesgo. Por lo que el resultado del análisis del emplazamiento en el componente institucional social es elegible.

5.5 Análisis de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto

A continuación se presenta de manera resumida el análisis de los principales problemas ambientales:

Tabla 39. Análisis de los principales problemas ambientales

Factor ambiental	Causas	Efectos	Nivel de Calidad
Calidad del aire	Producto de la circulación de vehículos en la carretera.	Formación de polvo, contaminación del aire por la emisión polvo y humo.	3
Aguas superficiales	Vertido directo de aguas servidas y desechos sólidos a fuentes de aguas superficiales.	Contaminación de aguas superficiales, con repercusión en la salud y en el ecosistema.	3
Suelos	Uso del suelo en sitios inadecuados, sin tomar en cuenta su capacidad de uso.	Erosión hídrica y eólica.	3
Geología	Modificación de la topografía sin drenajes	Erosión hídrica	2
Cubierta vegetal	Deforestación y desplazamiento de especies nativas ornamentales.	Erosión, daño al hábitat de la fauna.	3
Paisaje	Modificación de la vegetación existente.	Pérdida de la calidad del paisaje.	3
Calidad de vida	Condiciones higiénico sanitarias y epidemiológicas deficientes	Alteraciones de la salud de la población, brotes de dengue, malaria, diarrea, cólera, etc.	3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 39 se reflejan de manera general, los niveles de impacto; cuyos niveles oscilan entre medios y bajos (escala 2 y 3, respectivamente).

5.6 Posibles impactos esperados con el proyecto

El impacto generado por un proyecto se mide según las alteraciones ambientales que puede crear las diferentes acciones de la obra, tomando en consideración las diferentes etapas o estudios por los que transitará el proyecto.

En la siguiente tabla 40 se reflejan de manera general, los niveles de impacto; cuyos niveles oscilan entre medios y bajos (escala 2 y 3, respectivamente). Sin embargo, en el periodo de funcionamiento de la obra el

análisis no prevé ninguna amenaza, por lo que sus valores fueron en términos de valoración insignificantes (escala tres).

De los posibles impactos negativos que deben ser considerado al momento de ejecutar las medidas de mitigación son: en la generación de ruido producida por los equipos utilizados, los riesgos de accidentes, el riesgo de contaminación producida por los derivados del petróleo.

A continuación se detallan las actividades que intervienen durante la construcción y funcionamiento del proyecto.

5.6.1 Durante la etapa de construcción

- 1 - Preliminares.
- 2 - Movilización de Maquinaria y Equipos.
- 3 - Construcción de obras temporales.
- 4 - Movimiento de tierra.
- 5 - Transporte de Materiales.
- 6 - Vulnerabilidad.
- 7 - Depósito de materiales.
- 8 - Limpieza Final.

5.6.2 Durante la etapa de funcionamiento

- 1 - Incremento del tráfico.
- 2 - Conservación (pintura y limpieza).
- 3 - Aumento de la accesibilidad.
- 4 - Acciones ligadas a la demografía.

Tabla 40. Principales impactos ambientales que genera el proyecto

Tipo de Proyecto	Etapas del proyecto	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental	Nivel de Impacto
Comunidad El Pochote	Construcción	Preliminares	Transporte	Obstrucción del tráfico en el tramo afectado	3
		Movilización de maquinaria y equipo	Calidad del aire	Aumento de partículas de polvo	3
			Transporte	Interrupción del tráfico, desvío de vehículos	3
			Acceso peatonal	Peligros de accidentes en la zona	2
			Salud	Enfermedades respiratorias	3
		Construcción de obras temporales	Calidad del aire	Proliferación de polvo	3
			Ruido	Aumento de ruido	2
		Movimiento de tierra	Calidad del aire	Aumento de partículas de polvo	3
			Transporte	Interrupción del tráfico y desvío de vehículos	3
			Acceso peatonal	Accidente en la zona	3
			Salud	Enfermedades respiratorias	3
		Transporte de materiales	Calidad del aire	Aumento de partículas de polvo	3
			Transporte	Interrupción del tráfico y desvío de vehículos	3
			Acceso peatonal	Peligro de accidentes en la Zona	3
			Salud	Enfermedades respiratorias	3
		Vulnerabilidad	Población	Accidentes	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Principales impactos ambientales que genera el proyecto

Tipo de Proyecto	Etapas del proyecto	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental	Nivel de Impacto
Comunidad El	Construcción	Depósito de materiales	Calidad del aire	Aumento de partículas de polvo	3
			Transporte	Interrupción del tráfico y desvío de vehículos	3
			Acceso peatonal	Peligro de accidentes en la zona	3
			salud	Enfermedades respiratorias	3
		Limpieza final	Calidad del aire	Aumento de partículas de polvo	3
			Salud	Enfermedades respiratorias	3
	Funcionamiento	Incremento del tráfico	Calidad del aire	Aumento de emisión de humo	3
			Salud	Enfermedades respiratorias	3
		Conservación, (pintura y limpieza)	Calidad del aire	Aumento de emisión de gases tóxicos	3
			Salud	Enfermedades respiratorias	3
		Aumento de la accesibilidad	Transporte	Mayor número de vehículos en la zona	0
		Acciones ligadas a la demografía	Población	Aumento poblacional	0
		Calidad de vida	Población,	Mayor accesibilidad y mejor economía	0

Fuente: Elaboración propia.

Claves de Nivel de Impacto:

Nivel 1: Alto; Nivel 2: Medio; Nivel 3: Bajo; Nivel cero: cuando el efecto es positivo.

Tabla 42. Medidas de mitigación

Tipo de proyecto	Acciones impactantes	Efectos	Medidas de mitigación
Comunidad EI	Trabajos de construcción	Producción de polvo	Humedecimiento de la tierra de conformidad a las Nic – 80. Evitar el movimiento innecesario de maquinaria
		Producción de ruidos	Regulación de horarios. Evitar el movimiento innecesario de maquinarias
		Riesgos de contaminación por grasas y combustibles	Selección de sitios para mantenimiento de la maquinaria y recolectar residuos de grasas y combustibles, los cuales deberán estar provistos de material impermeabilizante o recipientes herméticos que eviten la contaminación directa al suelo
		Desaparición de comunidades vegetales interceptadas por el proyecto y el movimiento de máquinas	Restringir destrucción de plantas, por el movimiento de la maquinaria. Posibilidad de compensación de la cubierta vegetal.
		Riesgo de daño a la infraestructura pública y privada	Reparación de daños causados a la propiedad pública y/o privada
	Trabajos en los bancos de prestamos	Alteración de la geomorfología de los bancos de prestamos	Realizar plan operativo de explotación de banco. Proporcionar el corte de taludes acorde al ángulo de reposo, evitando cortes innecesarios. (sujeto a aprobación)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. Medidas de mitigación

Tipo de proyecto	Acciones impactantes	Efectos	Medidas de mitigación
Comunidad	Trabajos en los bancos de prestamos	Alteración de la geomorfología de los bancos de prestamos	Realizar plan operativo de explotación de banco. Proporcionar el corte de taludes acorde al ángulo de reposo, evitando cortes innecesarios. (sujeto a aprobación)
	Trabajos de construcción	Riesgos de derrumbes o deslizamientos	Revestir taludes con capa vegetal
		Riesgos de contaminación por derrame de combustibles y grasas de maquinas	Selección de sitios para mantenimiento de la maquinaria, recolectar residuos de grasas y combustibles
		Destrucción de la vegetación	Restringir destrucción y movimiento de la maquinaria
		Riesgos de accidentes	Señalización y control del tráfico en el transporte y vertido de materiales
	Explotación de la infraestructura de rodamiento o caminos	Incremento de los niveles de ruido por el aumento del tránsito de vehículos y otros contaminantes	Trabajar con velocidades de diseño y evitar las fuertes pendientes del trazado
		Aumento de los riesgos de accidentes de tránsito	Señalización
		Acumulación de basura	Limpieza periódica

Fuente: Elaboración propia.

C A P Í T U L O V

C O N C L U S I O N E S Y R E C O M E N D A C I O N E S

Conclusiones

➤ Los suelos correspondientes al primer estrato estudiado, de acuerdo con los resultados obtenidos, son suelos que varían de buena a excelente calidad. Estos materiales granulares se clasifican principalmente como A-2-4, A-2-6 y A-2-7 y materiales A-1-a, corresponden a materiales buenos o excelentes utilizados en la construcción de caminos y carreteras según la AASHTO y de acuerdo al estudio de suelo de los bancos de materiales, el banco a utilizar será el banco de materiales N° 1 propiedad del señor Jaime Chavarría, ya que cumple con las condiciones necesarias para su uso, con un CBR de 81.3 %, límite líquido de 31 %, e índice plástico de 32 %.

➤ El estudio de tránsito refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos livianos, con un 66%. El ESAL's obtenido fue 632646 ejes equivalentes por carril de diseño.

➤ Espesores calculados:

Una capa de rodadura de 4 pulgadas equivalentes al adoquín con una resistencia de 5000 PSI.

Una cama de arena de 2 pulgadas.

Una capa de base 6 Pulgadas.

➤ Los impactos ambientales detectados pueden ser considerados de baja significancia en vista de que no representan una alteración permanente al medio ambiente cuya afectación no va más allá del período de ejecución de las mismas.

➤ Las medidas de mitigación no representan una inversión significativa, están limitadas al cumplimiento de prácticas adecuadas de manejo de desechos, limpieza, mantenimiento preventivo de los equipos y selección adecuada de sitios para depósitos de materiales.

Recomendaciones

- Establecer medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio, con el objetivo de evitar que vehículos fuera de diseño (que exceden el límite de carga) transiten y provoquen daño prematuro de la vía.

- Para garantizar el buen funcionamiento y duración de vida útil de la carpeta y estructura de pavimento, se deben construir un buen sistema de drenaje pluvial además de realizar mantenimientos periódicos de manera preventiva, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.

- Realizar pruebas de resistencia a los adoquines, así como a la mezcla de material estabilizado, para comprobar que cumple las especificaciones técnicas propuestas en el presente documento.

- Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.

- Se deberá llevar un estricto control de compactación de campo al momento de colocar los materiales de los bancos.

- Se deberá realizar las medidas de compensación, mitigación y protección ambiental propuestas en el presente estudio. De tal manera que las mismas sean parte integral de los compromisos que el contratista deberá tener durante la ejecución del proyecto.

Bibliografía

- Anuario de Aforos de tráfico 2011. M T I.
- Design Procedure for New Pavements, Tercera Edición. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO -93). Tercera Edición.
- Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes, NIC – 2000.
- Ingeniería de Pavimentos para Carretera. 2da edición, año 2001. Alfonso Montejo Fonseca.
- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. (Sistema de Integración Económica Centroamericana-SIECA). Ing. Jorge Coronado Iturbide.
- Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 93
- M T I, Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000. Año 1999.
- Proyecciones de la población municipal, INIDE 2008.
- Programa Computarizado
- PAVEMENT DESINGS & ANALISIS: Created by Thomas P. Harman, M.S. C.E In Conjunction with Randell C. Riley. P.E & William Feltz. F.E. American Concrete Pavement Association. The Ohio Ready Mixed Concrete Association. <Versión 3.3><Copyright 1988>
- Rehabilitación y Mantenimiento de Calles y Caminos. Manuales Elementales de Servicios Municipales. García, L y Aburto, A. 2003. Managua, Nicaragua. 205 p.

A N E X O S C A P Í T U L O I

Anexo 1. Imagen N° 1. Tramo de carretera San Sebastián de Yalí-El Pochote



Fuente: Elaboración propia. Estación 0 + 650

Anexo 2. Imagen N° 2. Tramo de carretera San Sebastián de Yalí-El Pochote



Fuente: Elaboración propia. Estación 0 + 800

Anexo 3. Imagen N° 3. Banco de materiales N° 1



Fuente: Elaboración propia. Estación 1 + 500

Anexo 4. Imagen N° 4. Banco de materiales N° 2



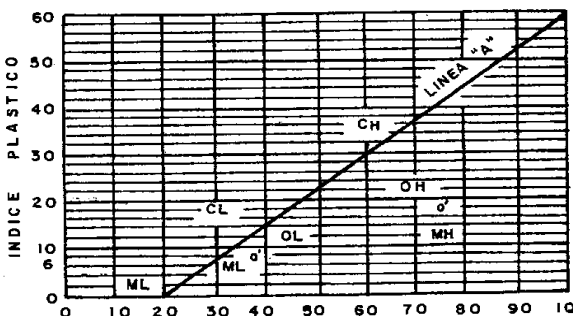
Fuente: Elaboración propia. Estación 2 + 800

A N E X O S C A P Í T U L O I I

Clasificación de suelos por el método AASHTO											
Clasificación general	Materiales granulares (35%, ó menos, pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz No. 200)			
Grupos	A - 1	A-1-b	A - 2					A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1-a		A - 3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz: No. 10 (2.00 mm) No. 40 (0.425 mm) No. 200 (0.075 mm)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	— 50 máx. 25 máx.	— 51 mín. 10 máx.	— — 35 máx.	— — 35 máx.	— — 35 máx.	— — 35 máx.	— — 36 mín.	— — 36 mín.	— — 36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm): Límite líquido Índice de plasticidad	— 6 máx.	— NP	— 40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	
Terreno de fundación	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Excelente a bueno					Regular a malo			
* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual ó menor a LI-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LI-30.											

Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejó, pág 46.

Anexo 2. Clasificación unificada de suelos, según SUCS

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO					
			SIMBO- LOS DEL GRUPO		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº200 (Ø) (ÚSESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4 (ÚSESE la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	GRAVAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTÍCULAS FINAS)	GW	COEF DE UNIFORMIDAD (C_u) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 4 COEF DE CURVATURA (C_c) $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6 LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6	
		GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	GP		
		ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTÍCULAS FINAS)	GM		
		ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	GC		
	ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4 (ÚSESE la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTÍCULAS FINAS)	SW	COEF DE UNIFORMIDAD (C_u) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 6 COEF DE CURVATURA (C_c) $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6 LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6	
		ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	SP		
		ARENAS LIMPÍAS (POCO O NADA DE PARTÍCULAS FINAS)	SM		
		ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS)	SC		
	DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA - NULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUEN MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC				
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº200 (ÚSESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50	ML	EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G. GRAVA M. LIMO O. SUELOS ORGÁNICOS W. BIEN GRADUADOS L. BAJA COMPRESIBILIDAD S. ARENA C. ARCILLA P. TURBA P. MAL GRADUADA H. ALTA COMPRESIBILIDAD	
			CL	COMPARANDO SUELOS A IGUAL LÍMITE LÍQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL ÍNDICE PLÁSTICO 	
			OL		
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50		MH	CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS EN EL LABORATORIO		
		CH			
		OH			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			P _t		

Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, pág 53.

















Anexo 3. Correlación entre el tipo de material, CBR y K

Clasificación ASSHTO	Descripción	Clasif. S. U.	Densidad Seca (kg/m3)	CBR (%)	Valor K (psi/in)
Suelos granulares:					
A-1-a, bien graduada	Grava	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 – 450
A-1-a, mal graduada			120 - 130	35 - 60	300 – 400
A-1-b	Arena Gruesa	SW	110 – 130	20 - 40	200 – 400
A-3	Arena Fina	SP	105 – 120	15 -25	150 – 300
A-2 Material granular con alto contenido de finos					
A-2-4 gravoso	Grava Limosa	GM	130 - 145	40-80	300 – 500
A-2-5, gravoso	Grava Arenosa Limosa				
A-2-4, arenoso	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 – 40	300 – 400
A-2-5, arenoso	Arena Gravo Limosa				
A-2-6, gravoso	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 – 40	200 – 450
A-2-7, gravoso	Grava Arenosa Arcillosa				
A-2-6, arenoso	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 – 20	150 – 350
A-2-7, arenoso	Arcilla Grava Arenosa				
Suelos finos:					
A-4	Limo	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 – 165*
	Mezclas de Limo/Arena/ Grava		100 - 125	5 - 15	40 – 220 *
A – 5	Limo mal graduado	MH	80 - 100	4 - 8	25 – 190*
A - 6	Arcilla plástica	CL	100 - 125	5 - 15	25 – 255*
A-7-5	Arcilla Elástica moderadamente plástica	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 – 125 *
A-7-6	Arcilla muy plástica	CH, OH	80 - 110	3 – 5	40 – 220*

Fuente: Diseño de pavimentos, AASHTO 93, Cap. 4, Página 86.











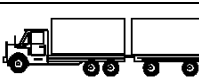

A N E X O S C A P Í T U L O I I I

Anexo 1. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadraciclo, Moto Taxi, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con ltnas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA T1xS1x=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T1xS1x=4.
	T1xS1x=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C1xR1x=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C1xR1x=4
	C1xR1x=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Bovinos).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2011. Pág. 28.

Anexo 2. Diagrama de cargas permisibles aplicadas en los puntos de control

PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS								
TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50
NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna. a : Eje sencillo llanta sencilla. b : Eje sencillo llanta doble.								

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, DGP-DAV.

Anexo 3. Diagrama de cargas permisibles

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lbs
AUTOMOVIL	1 / 1	2 200 / 2 200
JEEP	1 / 1	2 200 / 2 200
CAMIONETA	1 / 2	2 200 / 4 400
MC-15	2 / 4	4 400 / 8 800
MC-12-30	4 / 8	8 800 / 17 600
C2-LIV	4 / 8	8 800 / 17 600
BUS = C2	5 / 10	11 000 / 22 000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI

A N E X O S C A P Í T U L O I V

Anexo 1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2$, SN = 5

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

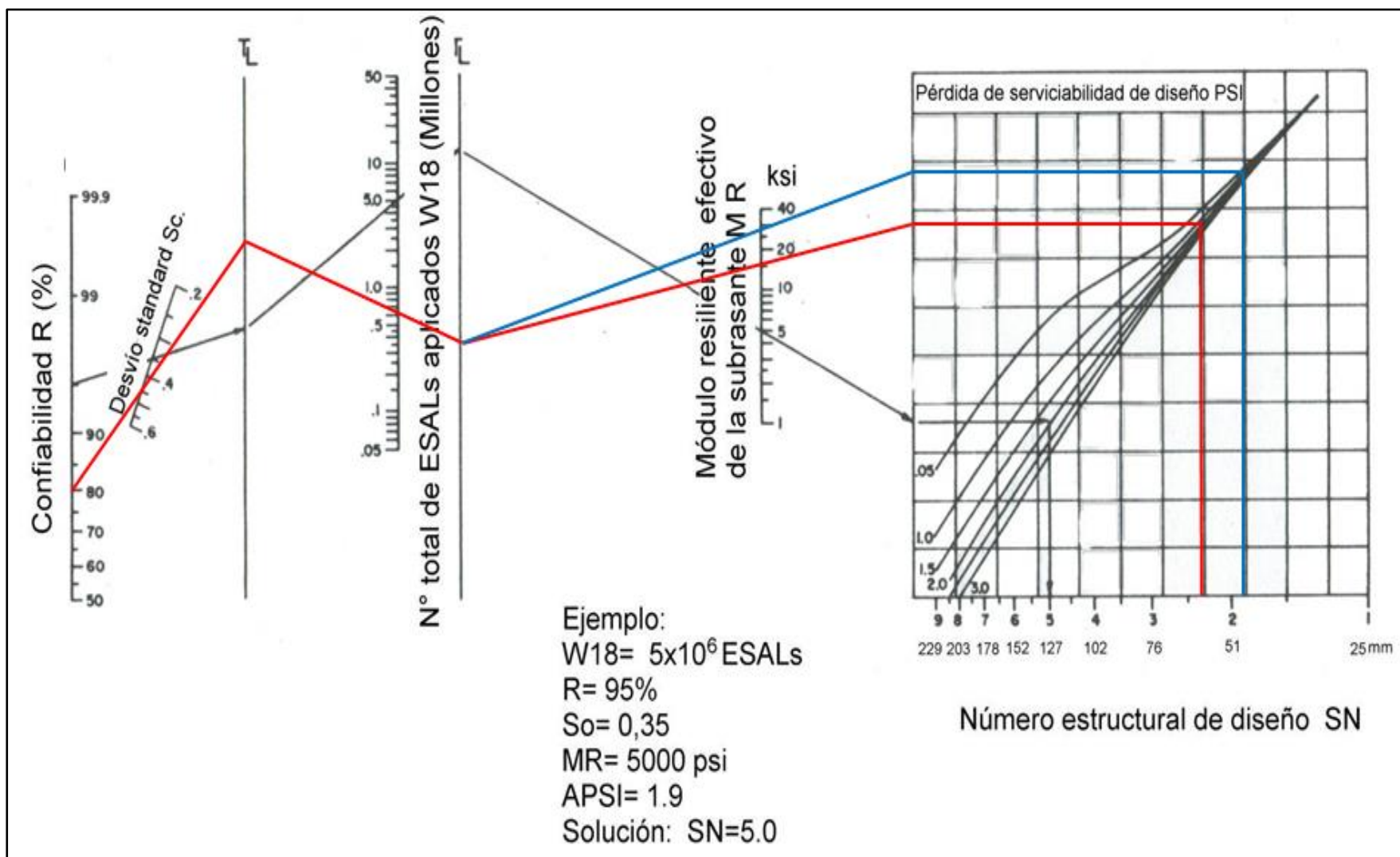
Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo 3. Pág 6.

Anexo 2. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles,
Ejes Tándem , $p_t = 2$, SN = 5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

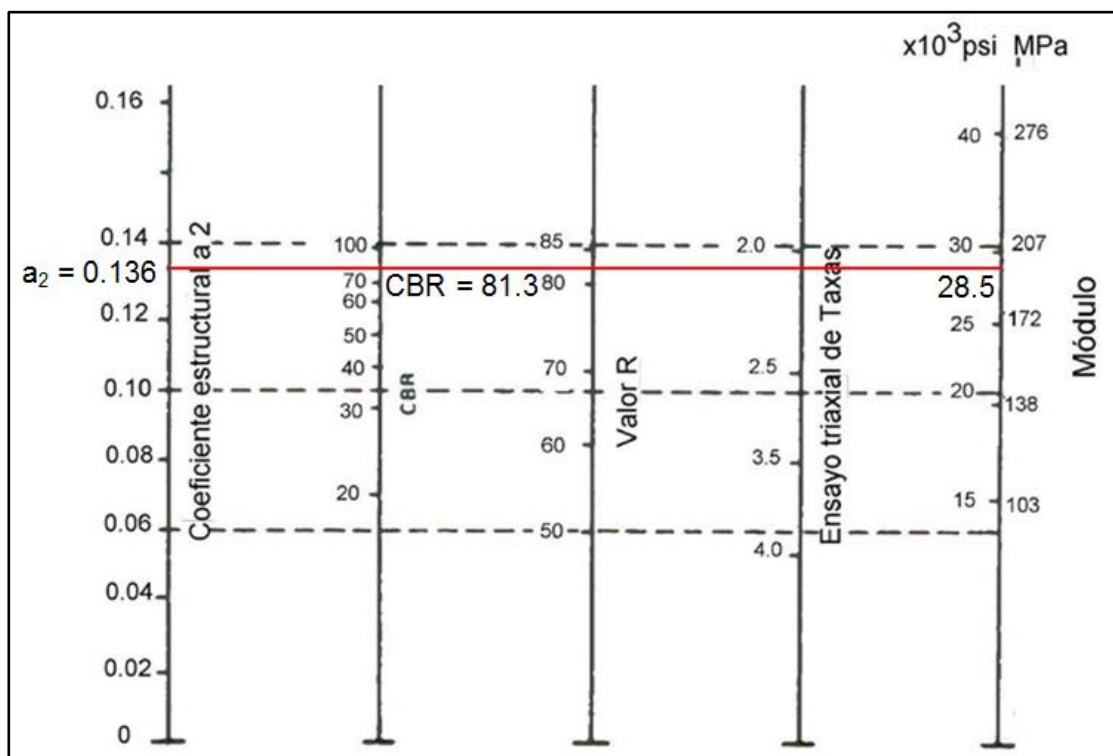
Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo3. Pag 7.

Anexo 3 Número Estructural SN para Subrasante y Base Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles



Fuente: Ing de Pavimentos para Carreteras, 2da Edición, Alfonso Montejo, pág 276

Anexo 4. Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Base Granular y distintos Parámetros Resistentes



Fuente: Guía de Diseño para Pavimentos. AASHTO 93, Cap. 3, pág. 35.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción hace constar que el (a) **BR: ELICK FILEMON RAYO MONCADA** Carné No.: **2006-21333** turno diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, a los **21** días del mes de mayo del año dos mil doce.


DR. ING. ALVARO AGUILAR VELASQUEZ.
Secretario de Facultad

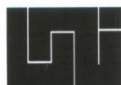


CC: Archivo

DAAV/*Ilsa*

Managua, Nicaragua. Tel. (505) 22496435, Apdo. 5595. Recinto Universitario "Pedro Arauz Palacios"

Carta egresado Freddy



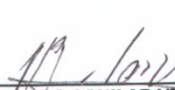
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción hace constar que el (a) **BR: SANTOS CIPRIANO BLANDON ZAMORA** Carné No.: **2005-22061** turno diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, a los **21** días del mes de mayo del año dos mil doce.




DR. ING. ALVARO AGUILAR VELASQUEZ.
Secretario de Facultad

CC: Archivo

DAAV/*Ilsa*

Managua, Nicaragua. Tel. (505) 22496435, Apdo. 5595. Recinto Universitario "Pedro Arauz Palacios"